# TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE ET PRATIQUE

DE LA

DIRECTION, DE L'ENTRETIEN ET DE L'INSTALLATION

DES

# MACHINES A VAPEUR

FIXES, LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES ET MARINES.

Paris. — Imprimé par E. Thunot et C^e, 26, rue Racine.

# TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE ET PRATIQUE

DE LA

DIRECTION, DE L'ENTRETIEN ET DE L'INSTALLATION

DES

# MACHINES A VAPEUR

FIXES, LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES ET MARINES

A L'USAGE

DES PROPRIÉTAIRES D'USINE A VAPEUR, MÉCANICIENS, AGENTS-RÉCEPTIONNAIRES, CAPITAINES OU PATRONS DE NAVIRES A VAPEUR, ETC.

PAR

JULES GAUDRY

INGÉNIEUR AU CHEMIN DE FER DE L'EST

SECONDE PARTIE




PARIS

VICTOR DALMONT, ÉDITEUR

Successeur de Carilian-Gœury et Vve Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Quai des Augustins, n° 49

1856



# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

COMPRISES DANS LA SECONDE PARTIE.

## SECONDE PARTIE.

TRAVAIL, CONDITIONS FONDAMENTALES, CONDUITE ET ENTRETIEN DES MACHINES A VAPEUR FIXES, LOCOMOTIVES, LOCOMOBILES ET MARINES.



## CHAPITRE I.

Machines à vapeur fixes et à demeure dans les usines et dans les manufactures.

### SECTION I.

PRÉCIS HISTORIQUE DE L'INVENTION ET DES PERFECTIONNEMENTS DE LA MACHINE A VAPEUR.

## SECTION II.

### SYSTÈMES ET DIMENSIONS GÉNÉRALES DES MACHINES FIXES.



## SECTION III.

### AUTORISATION D'ÉTABLIR LES USINES A VAPEUR.



### § I. — *Principe de l'autorisation préalable.*



### § II. — *Classement des usines autorisables et formalités pour parvenir à l'autorisation.*

§ III. — *Translation et transformation d'usine et reprise d'exploitation après interruption.*



§ IV. — *Conséquences légales de l'autorisation.*



## SECTION IV.

INSTALLATION DES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.

§ I. — *Installation du générateur et de ses dépendances.*



§ II. — *Installation de la machine.*

## SECTION V.

MISE EN SERVICE ET EMPLOI DES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.



## SECTION VI.

DE LA QUANTITÉ DE TRAVAIL A FOURNIR PAR LES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.



## SECTION VII.

CONDUITE DES MACHINES FIXES.



### § I. — *Des mécaniciens et chauffeurs.*



### § II. — *Conduite des machines fixes.*

§ III. — *Principaux accidents des machines fixes.*



## CHAPITRE II.

**Machines locomotives.**



### SECTION I.

CONDITIONS DE LA VOIE DES CHEMINS DE FER POUR LA TRACTION.



### SECTION II.

DES WAGONS ET TRAINS.

§ 1. — *Des wagons.*

2° Accessoires des chaudières de locomotive.



3° Du combustible employé dans les locomotives.



§ II. — *Mécanisme des locomotives.*

§ VIII. — *Conditions générales des locomotives et du matériel roulant.*



SECTION IV.

PUISSANCE MOTRICE DES LOCOMOTIVES.



§ I. — *Puissance adhérente.*



§ II. — *Puissance de traction.*

## SECTION V.

### CLASSIFICATION DES LOCOMOTIVES ET CONDITIONS GÉNÉRALES EXIGÉES PAR LEUR SERVICE.



## SECTION VI.

### CONDUITE DES LOCOMOTIVES.

#### § I. — *Des personnes employées à la conduite.*



#### § II. — *Connaissance du règlement.*



#### § III. — *Connaissance de la voie et du service.*

## SECTION VII.

ORGANISATION DU SERVICE DES LOCOMOTIVES ET DE LA TRACTION.



## CHAPITRE III.

Machines locomobiles.

## SECTION I.

BUT ET AVENIR DES LOCOMOBILES.



## SECTION II.

CONDITIONS FONDAMENTALES DES LOCOMOBILES.

## SECTION III.

### DIVERSES PARTIES DES LOCOMOBILES.

#### § I. — *Chaudière.*



#### § II. — *Mécanisme des locomobiles.*



#### § III. — *Train ou chariot des locomobiles.*



## SECTION IV.

### CONDUITE ET EMPLOI DES LOCOMOBILES.

## CHAPITRE IV.

**Machines à vapeur pour la navigation.**

### SECTION I.

PRÉCIS HISTORIQUE DE L'INVENTION DES BATEAUX A VAPEUR.



### SECTION II.

COQUES DES NAVIRES A VAPEUR.



§ I. — *Forme extérieure de la coque.*



§ II. — *Immersion.*



§ III. — *Dimensions et proportions.*

Numéros. Pages



§ IV. — *Consolidation de la coque.*



§ V. — *Stabilité de la coque.*



§ VI. — *Travail résistant des bateaux à vapeur.*

1° Vitesse et sillage des navires.



2° Résistance des navires à la marche.

## SECTION III.

PROPULSION DES NAVIRES A VAPEUR.



### § I. — *Roues à aubes.*



### § II. — *Hélices.*

## SECTION IV.

### MACHINES A VAPEUR EMPLOYÉES A LA PROPULSION DES NAVIRES.

### § I. — *Puissance motrice.*



### § II. — *Conditions générales de toute machine de navigation.*

### § V. — *Conditions générales et installation des chaudières dans les navires à vapeur.*



### § VI. — *Chambres des machines et chaudières.*

## SECTION V.

DIVERSES SORTES DE BATIMENS A VAPEUR.



## SECTION VI.

MISE EN SERVICE ET RÉCEPTION DES NAVIRES A VAPEUR.



## SECTION VII.

CONDUITE DES MACHINES DE NAVIGATION.

### § I. — *Personnel employé à la conduite.*



### § II. — *Conduite des machines de navigation.*

## CHAPITRE V.

**Tableaux comparatifs des machines à vapeur.**

**Bibliographie des machines à vapeur.**

# TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE ET PRATIQUE

DE LA CONDUITE, DE L'ENTRETIEN ET DE L'INSTALLATION

# DES MACHINES A VAPEUR.

## SECONDE PARTIE.

TRAVAIL, CONDITIONS FONDAMENTALES,
CONDUITE ET ENTRETIEN DES MACHINES A VAPEUR
DE DIVERSES SORTES.

455. Dans la première partie de ce traité nous nous sommes occupé de poser les principes généraux d'après lesquels toute machine à vapeur doit être établie et conduite. Mais, suivant sa destination, elle doit remplir certaines conditions spéciales dont le développement va faire l'objet de cette seconde partie.

Parmi les diverses classifications de machines à vapeur spécifiées au chapitre III du premier volume, nous choisirons celle du nº 293, d'après laquelle on les divise en machines *fixes*, *locomotives*, *locomobiles* et *marines*.

Nous commencerons chacun des chapitres qui les concernent par un précis historique de leur progrès; nous

développerons ensuite non-seulement les lois scientifiques, mais aussi les règles administratives relatives à leur emploi, comme à leur installation; puis l'on verra comment les règles générales de conduite tracées aux nos 338 et suivants s'appliquent et se spécialisent à chaque classe de machine.



# CHAPITRE I<sup>er</sup>.

**Machines fixes établies à demeure dans les usines et manufactures.**

## SECTION PREMIÈRE.

### PRÉCIS HISTORIQUE DES PERFECTIONNEMENTS DE LA MACHINE A VAPEUR.

456. L'histoire des premiers temps de la machine à vapeur a fait l'objet d'un grand nombre de publications (1), souvent très-partiales. Lisez, par exemple, les notices anglaises de Nicholson, Robinson et Tredgold : les inventeurs français n'y sont pas même nommés, et l'on dirait que la découverte, comme le perfectionnement de la machine à vapeur, est exclusivement anglaise.

On a déjà fait plusieurs fois justice en France de cette

---

(1) Voyez notice d'Arago, *Annuaire du bureau des longitudes* de 1837; traduction française de Tredgold par Henry et Mellet; Nicholson, traduit par Tourneux; *Histoire des machines à vapeur*, par Stuart, in-12, 1828; *id.* par M. Rouget de l'Isle, *Bulletin de la société d'encouragement*; *id.* par M. Benoît, *ibid.*; *id.* par John Sewell, *Elementary treatise on steam*; *id.* par Louis Figuier, *Histoire des découvertes*, in-12, 1852.

prétention. Aujourd'hui la part de chacun est à peu près faite, en attendant que les autres nations viennent à leur tour faire valoir des titres nouveaux.

Nous nous bornerons, quant à nous, à résumer les principaux faits de l'histoire, bien connue, de ces premiers temps, en appelant surtout l'attention sur les travaux de nos inventeurs français.

Mais depuis le commencement de ce siècle, la machine à vapeur a reçu bien des améliorations de détail qui l'ont vulgarisée et mise à la portée de toutes les industries. Cette partie si importante de son histoire n'a pas été écrite, que nous sachions. Nous allons tâcher de le faire.

Malgré les soins qui ont présidé à nos recherches, il se peut bien que ceux auxquels nous attribuons tel procédé, telle combinaison, soient primés par d'autres qui nous sont inconnus. Les écrivains qui, après nous, referont cette histoire, et nous-même peut-être un jour, rétabliront leurs droits et corrigeront cette esquisse, qui aura du moins servi de premiers jalons.

La puissance expansive de la vapeur a probablement été connue de tout temps : et si l'antiquité nous offre peu de trace de son emploi mécanique, c'est probablement, comme l'observe avec raison John Sewell, parce que les descriptions écrites ne sont pas venues jusqu'à nous. On sait cependant que Platon, Aristote et Sénèque attribuaient à l'explosion des vapeurs divers phénomènes terrestres, tels que les tremblements de terre.

On connaît l'*Éolipyle d'Héron d'Alexandrie*, en l'an 120 avant l'ère chrétienne, sorte de turbine à vapeur, décrite dans tous les traités de physique et sur l'application de laquelle l'attention est plus que jamais fixée en ce moment.

Selon John Sewell, Archimède aurait employé la vapeur dans la fameuse défense de Syracuse; et chez les plus anciens peuples on aurait fait usage des grues à vapeur pour l'élévation de lourdes charges, notamment des obélisques. (Voyez *Treatise on steam; deux volumes, Londres*, 1852.)

457. Quel qu'ait été l'emploi très-probable de la vapeur dans les temps anciens, ce qui est certain, c'est qu'à part quelques propositions confuses, on n'en retrouve même plus trace jusqu'à l'année 1615 de notre ère, où *Salomon de Caus* décrit en son *Traité des forces mouvantes*, pour l'épuisement des mines, un appareil à vapeur consistant en une chaudière au fond de laquelle descend un long tube. On introduit l'eau à élever dans cette chaudière, on la chauffe; la vapeur se forme, et sa pression refoule l'eau par le tube à une hauteur indéfinie. C'est le principe d'un grand nombre d'appareils bien connus dans l'industrie, tels que le *monte-jus* des sucreries. La machine de Salomon de Caus est le premier des appareils à vapeur, aujourd'hui *appliqués en grand*, qu'on rencontre avec certitude dans l'histoire de cet agent mécanique.

Une légende déshonorante pour la France, patrie de Salomon de Caus, le fait mourir méconnu à l'hôpital des fous; rien ne la justifie, et tout porte à croire au contraire que c'est une calomnie. Successivement ingénieur et architecte en chef du prince de Galles, de l'électeur palatin et du roi de France Louis XIII, Salomon de Caus a laissé des ouvrages composés sous la protection de ce dernier, et que possèdent nos bibliothèques publiques. Les principaux sont, outre le traité des forces mouvantes, un autre traité sur la construction des orgues d'église et une description des curieuses machines hy-

drauliques exécutées sous ses ordres en Allemagne. (Voyez la vie de Caus dans la *Biographie universelle* de Michaud.)

Ces œuvres contiennent quelques parties littéraires aussi recommandables par le style que par la hauteur des pensées. Mais plusieurs de ses opinions scientifiques n'ont pas été confirmées par les découvertes postérieures.... Ainsi, selon Caus, les étoiles sont illuminées par le soleil, qui est lui-même 166 fois plus grand que la terre. Il définit l'air : un élément froid, sec et léger. Quoi qu'il en soit, c'était en son temps l'un des hommes les plus instruits et les plus ingénieux.

458. Dans le siècle suivant apparaissent *Papin*, *Moreland* et *Savery*. Celui-ci exécute en 1698, pour l'épuisement des mines, le premier appareil à vapeur connu. Avant lui, Moreland avait donné quelques calculs sur les effets de la vapeur qui durent aider Savery. Mais antérieurement à ces deux savants anglais, le docteur Papin, dans des mémoires ou ouvrages imprimés en 1680, 1682, 1690 et 1705, avait publiquement et très-clairement proposé une machine à simple effet, *à piston et à condensation*. La preuve de cette assertion existe dans un ouvrage qui est à la bibliothèque impériale de Paris, volume n° 2620, série V, intitulé : *Diverses pièces touchant quelques nouvelles machines.... par le docteur Papin.... imprimé à Cassel par Jacob-Étienne.... en* 1695.

Une lettre de Papin, reproduite dans cet ouvrage, décrit avec tant de précision *la machine à vapeur à piston et à condensation*, *applicable aux mines et à la navigation*, que le lecteur nous saura certainement gré de lui donner intégralement, malgré son étendue, ce document très-peu connu.

*Lettre touchant la manière de tirer l'eau des mines avec peu de peine, quand même les rivières sont trop éloignées pour y servir. A son Excellence Monseigneur le comte de Sintzendorff.*

« Monseigneur, j'ai ressenti avec une profonde soumission l'honneur que m'a fait Votre Excellence de daigner m'écrire de Bohême pour m'inviter d'aller à ses frais visiter une mine qui demeure inutile à cause de la quantité d'eau souterraine ; me promettant même des récompenses considérables si je pouvois remédier à cet inconvénient. J'aurois beaucoup de joie, Monseigneur, de faire ce voyage avec la permission de S. A. S. mon maître, et je souhaite extrêmement de témoigner à Votre Excellence l'ardeur de mon zèle à lui rendre mes très-humbles services, n'estoit que le pays, que nous voyons ruiné dans notre voisinage, et l'incertitude des événements de la guerre, m'avertissent que je ne dois pas abandonner ma famille dans un temps comme celui-cy. Néanmoins, Monseigneur, le désir de donner au moins à Votre Excellence quelques marques de ma profonde dévotion, m'a fait méditer très-attentivement sur ce que Votre Excellence m'a daigné écrire des circonstances des lieux, et sur ce que j'en ai aussi appris par les lettres du fameux M. le docteur Ernest-Sigismond Grassius. Et tout bien considéré, je prends la hardiesse de communiquer, non-seulement à Votre Excellence, *mais encore à toute l'Europe*, le fruit de mes méditations, afin que Votre Excellence, par la pénétration de son discernement et par les jugements que les savants pourront rendre, puisse plus sûrement prononcer si j'ai rencontré heureusement ; ou bien ce qu'il y aura à changer, retrancher ou adjouter à mes

» pensées. Je supplie donc très humblement Votre Ex-
» cellence de daigner recevoir en bonne part ces faibles
» efforts de mon zèle respectueux.

» Je ne doute pas, Monseigneur, qu'on ne puisse fort
» bien assécher la mine de Votre Excellence par le moyen
» de l'une ou l'autre des machines qui ont été décrites
» dans la lettre à Son Excellence le comte de Solms :
» mais comme la mine de Votre Excellence est beaucoup
» plus éloignée des rivières, il faut avouer qu'il faudroit
» plus de travail et de dépenses pour y appliquer ces
» sortes de machines que pour la mine de Greiffenstein ;
» et de plus il y auroit bien plus de danger que les
» tuyaux de communication estant si longs, ne puissent
» être gâtés par la malice de quelque envieux ou par
» d'autres accidents. Cela m'a obligé d'essayer de per-
» fectionner une invention que je crois devoir être fort
» avantageuse pour ces sortes de travaux, et dont j'ai
» *déjà donné la description dans les actes de Leipsick en*
» 1690 au mois d'août, mais que je répéterai pourtant
» encore ici, afin que Votre Excellence puisse d'autant
» plus commodément juger, tant de l'invention même
» que du changement qu'on y doit apporter. »

L'auteur démontre ici qu'il a sans succès essayé de faire usage de l'explosion de la poudre à canon dans un cylindre sous un piston, puis il continue ainsi :

« *Comme l'eau a la propriété, estant par le feu changée*
» *en vapeur, de faire ressort comme l'air, et ensuite de se*
» *recondenser si bien par le froid, qu'il ne lui reste plus*
» *aucune apparence de cette force de ressort, j'ai cru qu'il*
» *ne seroit pas difficile de faire des machines dans lesquelles,*
» *par le moyen d'une chaleur médiocre et à peu de frais,*
» *l'eau feroit ce vide parfait qu'on a inutilement cherché*

» *par le moyen de la poudre à canon* : et entre plusieurs » constructions qu'on peut imaginer pour cela, celle-ci » m'a paru la meilleure.

» AA (fig. 1) est un tuyau égal d'un bout à l'autre et bien » fermé dans le bas. B B *est un* PISTON *ajusté à ce tuyau ;* » DD *le manche attaché au piston* ; EE une verge de fer qui » se peut mouvoir autour d'un axe qui est en F; G est un » ressort qui presse contre la verge de fer EE (1), en sorte » qu'elle entre dans l'échancrure H sitôt que le piston » avec son manche est assez élevé pour que ladite échan- » crure H paroisse au-dessus du couvercle I I ; L est un » petit trou au piston par où passe l'air et d'où il peut » sortir du fond du tuyau AA, lorsqu'on y enfonce le » piston pour la première fois. Pour se servir de cet » instrument on verse un peu d'eau dans le tuyau A A » jusqu'à la hauteur de 3 ou 4 lignes ; on y fait ensuite » entrer le piston et on le pousse jusqu'au bas, en sorte » que l'eau qui est au fond du tuyau regorge par le » trou L. Alors on ferme le couvercle I I qui a autant de » trous qu'il en faut pour entrer sans obstacle : ayant » ensuite mis un feu médiocre sous le tuyau AA, il s'é- » chauffe fort vite parce qu'il n'est fait que d'une feuille » de métal fort mince. Et l'eau qui est dedans se chan- » geant en vapeur fait une pression si forte, qu'elle sur- » monte le poids de l'atmosphère et le piston B B en haut » jusqu'à ce que l'échancrure H paroisse au-dessus du » couvercle I I et que la verge de fer E E soit poussée » par le ressort G, ce qui ne se fait pas sans bruit. *Alors*

(1) Cette verge à axe et ce ressort, assez peu compréhensibles, ne sont autre chose qu'un verrou à ressort arrêtant la tige du piston parvenue en haut de sa course.

» *il faut incontinent éloigner le feu, et la vapeur se re-*
» *condensant bientôt en eau par le froid laisse le tuyau*
» *absolument vide d'air;* alors il n'y a qu'à tourner la
» verge E E autant qu'il est nécessaire pour la faire sor-
» tir de l'échancrure H et laisser le piston en liberté de
» redescendre; et il arrive que le piston est incontinent
» poussé en bas par tout le poids de l'atmosphère et pro-
» duit le mouvement qu'on veut avec d'autant plus de
» force que le diamètre du tuyau est plus grand.

» Et il ne faut pas douter que l'air n'agisse sur le tuyau
» avec toute la force dont sa pesanteur est capable : car
» j'ai vu par expérience que le piston ayant été élevé par
» la chaleur jusqu'au haut du tuyau A A, est ensuite
» redescendu jusques tout au fond; et cela plusieurs
» fois de suite; en sorte qu'on ne sauroit soupçonner
» qu'il y ait eu aucun air pour le presser au-dessous et
» résister à la descente. Or mon tuyau qui n'a que deux
» pouces et demi de diamètre est pourtant capable d'éle-
» ver 60 livres à toute la hauteur dont le piston redes-
» cend, et le corps du tuyau ne pèse pas 5 onces. Je ne
» doute pas qu'on ne puisse faire des tuyaux qui ne pè-
» seroient pas 40 livres et qui pourtant pourroient éle-
» ver 2,000 livres à chaque opération jusqu'à la hauteur
» de 40 pieds. *J'ai éprouvé* aussi que le temps d'une
» minute suffit pour faire qu'un feu médiocre chasse le
» piston jusques en haut de mon tuyau, et comme le feu
» doit être proportionné à la grandeur des tuyaux, on
» pourroit échauffer les gros à peu près aussi vite que
» les petits; ainsi l'on voit combien cette machine qui
» est si simple pourroit fournir de prodigieuses forces
» et à bon marché. Car on sait qu'une colonne d'air qui
» s'appuie sur un tuyau d'un pied de diamètre pèse

» presque 2,000 livres. Mais si le diamètre étoit de 2
» pieds la pesanteur seroit de 8,000 ; et qu'ainsi la pres-
» sion s'augmente toujours en raison double des dia-
» mètres, d'où il s'ensuit que le feu dans un fourneau
» dont le diamètre seroit d'un peu plus de 4 pieds, suf-
» fit pour élever toutes les minutes 8,000 livres à la
» hauteur de 4 pieds si on faisoit les tuyaux de cette
» hauteur : car le feu étant dans un fourneau de plaque
» de fer peu épaisse, on pourroit facilement le pousser
» d'un tuyau à un autre, et ainsi ce même feu feroit con-
» tinuellement dans quelque tuyau, ce vide qui pourroit
» ensuite produire de si grands effets. A présent si on con-
» sidère la grandeur des forces que l'on produira de
» cette manière et le peu que pourra coûter le bois qu'il
» faudra pour cela, on avouera assurément que cette
» méthode est beaucoup préférable à l'usage de la poudre
» à canon dont j'ai parlé ci-dessus. Vu principalement
» que de cette manière on fait un vide parfait et qu'ainsi
» on remédie aux inconvénients que j'ai remarqués.

» Il seroit trop long de rapporter ici de quelle manière
» cette invention se pourroit appliquer à TIRER L'EAU DES
» MINES, JETTER DES BOMBES, RAMER CONTRE LE VENT, et à
» plusieurs autres usages de cette sorte. Mais il faut que
» chacun selon ses besoins qu'il en aura, imagine les
» constructions les plus propres pour ses desseins.

» *Je ne puis pourtant m'empêcher de remarquer ici en*
» *passant combien cette force serait préférable à celle des*
» *galériens, pour aller vite en mer* : car, 1° les galériens
» par leur poids chargent beaucoup la galère et la rendent
» plus difficile à mouvoir; 2° ils occupent beaucoup de
» place et embarrassent beaucoup le vaisseau; 3° on ne
» peut pas toujours trouver autant de galériens comme

» on en auroit affaire, et si enfin il faut toujours nourrir
» les galériens, soit qu'ils travaillent en mer, soit qu'ils
» se reposent dans les ports; ce qui n'augmente pas peu
» la dépense.

» *Mais nos tuyaux ne pèseroient que fort peu comme*
» *j'ai déjà dit : et on pourroit aisément en avoir autant*
» *qu'on voudroit, pourvu qu'on eût une fois une manu-*
» *facture pour les faire; et enfin ces tuyaux ne consume-*
» *roient de bois que le temps de l'opération.*

» Mais dans les ports ils ne feroient aucunes dépenses.
» Or, parce que ces tuyaux ne pourroient pas commo-
» dément faire jouer des rames ordinaires, il faudroit
» employer *des rames tournantes* comme j'en ai vu autre-
» fois à une machine que S. A. S. Monseigneur le prince
» palatin Robert avoit fait faire à Londres, et que des
» chevaux faisoient avancer par le moyen de rames atta-
» chées aux deux bouts d'un essieu, ce qui réussissoit si
» bien, que la barque du roi où il y avoit seize rameurs
» demeuroit pourtant bien loin derrière cette machine.
» Il seroit facile de faire tourner par nos tuyaux des
» essieux au bout desquels il y auroit des rames atta-
» chées. Car il faudroit seulement que les manches des
» pistons fussent dentés pour tourner des petites roues
» dentées et affermies sur les essieux des rames. Et pourvu
» qu'il y eût trois ou quatre tuyaux appliqués à un même
» essieu, on pourroit lui donner un mouvement conti-
» nuel et sans interruption. Car lorsque quelque pis-
» ton viendroit au bas de son tuyau, en sorte qu'il ne fût
» plus en état de faire retourner l'essieu jusqu'à ce que
» la force de la vapeur le fît remonter au haut de son
» tuyau, alors on pourroit promptement l'attacher à
» un autre piston qui, en descendant, continueroit le

» mouvement à l'essieu; et ainsi de suite on lâcheroit
» encore un autre piston qui imprimeroit ainsi la force à
» l'essieu. Cependant que les pistons qui seroient les pre-
» miers descendus seroient repoussés en haut de leur tuyau
» par la force de la chaleur et qu'ainsi ils acquerroient
» une nouvelle force pour tourner l'essieu de la manière
» qui a été ci-dessus décrite. Et pour faire ainsi remonter
» tous ces pistons les uns après les autres, on n'auroit
» besoin que d'un seul fourneau avec un feu médiocre.

» Mais on m'objectera peut-être que les dents de
» manche des pistons étant engagées dans les dents des
» roues devroient en montant et en descendant donner à
» l'essieu des mouvements opposés et qu'ainsi les pistons
» montants empêcheroient le mouvement de ceux qui
» devroient monter. Mais cette objection est facile à ré-
» soudre. Car c'est une chose fort ordinaire aux horlo-
» geurs d'affermir des roues dentées sur des arbres ou
» essieux, en telle sorte que, étant poussées vers un cô-
» té, elles font nécessairement tourner l'essieu vers elles;
» mais vers le côté opposé elles peuvent faire tourner
» librement sans donner aucun mouvement à l'essieu,
» qui peut ainsi avoir un mouvement tout opposé à celui
» desdites roues (1). Toute la plus grande difficulté ne
» consiste donc qu'à ériger la manufacture pour faire
» avec facilité des tuyaux légers, gros et égaux d'un bout
» à l'autre. Comme il a été dit plus au long dans les actes
» de Leipsick en 1688, au mois de septembre, et cette
» nouvelle machine doit bien encourager à entreprendre

(1) L'auteur indique plus loin un autre appareil de déclanchement, consistant dans un mouvement de recul imprimé au cylindre, de manière à isoler de la roue dentée montée sur l'essieu, la tige également dentée du piston.

» une telle manufacture, puisqu'elle fait voir plus manifestement que jamais, que ces sortes de gros tuyaux » pourroient s'employer fort commodément à plusieurs » usages de très grande importance. »

L'auteur entre ensuite dans des explications sur la conduite de son appareil, qu'il est inutile de reproduire. Donnons en terminant quelques détails biographiques sur lui-même.

459. Denis Papin, né à Blois, le 22 août 1647, était de la famille d'Isaac Papin, pasteur protestant, dont la conversion au catholicisme et l'abjuration en présence de Bossuet eut dans son temps un grand retentissement.

Denis étudia la médecine et prit ses grades à Paris; mais il s'appliquait en même temps aux sciences physiques, guidé par Huygens. On croit que, lui aussi, était protestant, et que la révocation de l'édit de Nantes le força à quitter la France, il aurait même abjuré la religion catholique après avoir été d'abord élevé chez les jésuites. C'est là du moins ce que prétend une notice publiée sur Papin dans le *Practical mechanic* de 1855. Notice peu bienveillante, qui ne lui accorde qu'une minime part dans la découverte de la condensation, dont l'idée lui fut même, dit-on, suggérée. La Biographie universelle de Michaud ne dit rien de tout cela. Ce qui est certain c'est que Papin alla en Angleterre, où il connut Savery et Boyle. Ce dernier le fit recevoir en 1681 membre de la Société royale de Londres. En 1687 il occupa avec le plus éclatant succès la chaire de mathématiques de l'université de Marbourg. Il fut ensuite appelé à Venise, et en 1699 il fut nommé membre correspondant de l'Académie de Paris. Il mourut en 1720. C'était un des plus vastes génies de

son temps; il proposa de magnifiques projets; mais on croit qu'aucun ne fut exécuté par lui à cause de la difficulté du temps et du peu de ressources qu'offrait alors l'art de la construction des machines. Il a laissé deux ouvrages et une multitude de mémoires imprimés. Le premier ouvrage, imprimé en 1682 à Paris, avec privilége du roi de France, est dédié à la Société royale de Londres ; il y traite de la manière d'amollir les os et de cuire les viandes. C'est dans ce traité qu'il décrit son fameux *autoclave et la soupape de sûreté* actuellement employée dans les machines à vapeur, dont personne ne lui conteste l'invention. Le second ouvrage, aujourd'hui très peu connu, est celui où est puisé l'extrait ci-dessus.

Les mémoires ont été presque tous imprimés dans les *Actes de Leipsick* et les *Transactions philosophiques*. Voici les principaux : Expériences avec la machine pneumatique, sur la manière de conserver les corps dans le vide, 1676. — Description d'un nouveau siphon, 1686. — Nouvelle manière d'élever l'eau. — Démonstration de l'impossibilité du mouvement perpétuel et discussion sur ce sujet avec Bernoulli. — Note sur les fusils à vent, 1686. — Démonstration de la vitesse avec laquelle l'air rentre dans un réservoir vide. — Nouvelle description et usage de la machine à élever l'eau et réponse aux objections du docteur Nuis, 1687. — Nouvelles expériences sur la poudre à canon, 1688. — Ventilateur centrifuge dit soufflet de Hesse, 1689. — Nouveau système de pressoir.

Dans ses ouvrages ou mémoires on retrouve un grand nombre de machines ou de procédés industriels auxquels on croyait une origine récente : tels que 1° le soufflage à l'air chaud (recueil de 1695, page 28) appliqué à la fonte du verre et des métaux, au chauffage par poêles écono-

miques, à la cuisson du pain, etc.; 2° les pompes rotatives, dites pompes de Hesse; 3° le soufflet cylindrique; 4° les bateaux sous-marins; 5° un système de pyromètre, etc....

460. Après la machine de Savery, laquelle épuise l'eau des mines par l'effet de la condensation dans un vase, et est par conséquent un système intermédiaire entre ceux de Caus et de Papin, on rencontre dans l'histoire la *machine de Newcommen*, forgeron anglais, dans laquelle la vapeur venue d'une chaudière sphérique est introduite sous un piston mobile dans un cylindre. La vapeur condensée dans le cylindre même, par un jet d'eau froide, laisse retomber le piston sous la pression atmosphérique. C'est la machine de Papin réalisée, mais perfectionnée en deux points : la vapeur est créée régulièrement dans une chaudière munie de la soupape de sûreté de Papin, la condensation se fait par une injection d'eau suivant le système Savery.

La machine de Newcommen avait, comme celle de Papin et Savery, besoin d'un ouvrier occupé sans cesse à manœuvrer les robinets de vapeur et d'injection. En 1710 *Potter et Beighton* rendent la machine automotrice, par un mouvement de déclic du genre de ceux qu'on voit encore dans les machines dites à cataracte.

En 1744, une machine est établie pour la première fois sur le continent, à Condé en Belgique. Elle est décrite dans Bélidor. La France a, en 1749, sa première machine à feu à Littry (Calvados.)

En 1758, *Fitzgerald* imagine les volants. On sait que c'est l'âme de la machine pour régulariser sa vitesse et déterminer le mouvement rotatif.

En 1774, *Smeaton* détermine les proportions générales

et raisonnées qui ont jusqu'à Watt servi de règle pour la construction des machines à vapeur.

461. En 1765, *Watt* vient leur donner une perfection jusqu'ici inconnue. Condensation dans une chambre distincte dite condenseur, pompe à air pour y faire le vide, admission de la vapeur également sur les deux faces du piston agissant dès lors dans un cylindre clos et garni de presse-étoupe, distribution de la vapeur opérée régulièrement, isolement et perfectionnement du générateur, régularisation de la vitesse par un pendule conique automoteur, parallélogramme pour maintenir la direction verticale de la tige du piston, voilà les principaux perfectionnements dus à Watt. Mais ce qui est peut-être plus remarquable encore, ce sont les études que cet illustre ingénieur fit de toutes les parties de l'appareil à vapeur, ce sont les lois en même temps scientifiques et pratiques qu'il établit pour les proportionner et qu'on suit encore.

Watt fut en outre un des premiers fondateurs de la construction en grand des machines. Ses ateliers de Soho existent encore avec leur outillage près de Birmingham. Ses successeurs ont développé la fabrication, et entre autres produits remarquables sortis de leurs vastes usines (1), il faut citer les machines des chemins de fer atmosphériques de M. Samuda, un grand nombre de machines marines et notamment la machine à roues de

(1) Aux ingénieurs désireux d'étudier les ateliers de construction, nous recommanderons, dans ceux de Watt et Bolton, l'atelier de montage, magnifique galerie de près de 100 mètres de long sur 16 de large. Les fonderies sont plus remarquables par leur importance que par leur installation; l'outillage et la forge méritent peu d'intérêt.

1500 chevaux d'un steamer-géant de 25000 tonneaux.

Un seul des organes actuels manquait encore à la machine de Watt, c'est la manivelle transformant en mouvement rotatif le mouvement alternatif rectiligne du piston. Elle fut employée en 1778 par *Washbrough.*

A la même époque M. *Perrier* fondait à Chaillot, près Paris, le premier grand atelier qu'il y ait eut en France, et il y construisit diverses machines à vapeur dont une existe encore à la pompe à feu du Gros-Caillou.

En 1781, d'autres disent en 1798, *Hornblower* imagine la machine à double cylindre pour la détente de la vapeur, que Wolf perfectionne en 1804 en lui donnant son nom, sous lequel elle est restée connue.

En même temps que Wolf, deux constructeurs dont les ateliers existent encore en Angleterre, *Murray* et *Threvithick*, se livrent avec succès à la grande fabrication des machines à feu. Murray imagine, en 1801, le tiroir et l'excentrique de distribution. Cependant John Sewel attribue cette invention à Murdock en 1789. On attribue à Threvithick le système à mouvement direct sans balancier et à cylindre fixe qui est devenu le type des locomotives, et fut introduit en France par Taylor. Ce fut Threvithick encore, qui répandit en Europe vers 1802 l'usage des machines à haute pression sans condensation, que Papin et Watt avaient déjà proposé.

A cette même époque l'art du fondeur devient une industrie courante et la machine à vapeur se modifie avantageusement dans la forme des organes, non-seulement les cylindres, mais les bielles, les bâtis, les volants, les balanciers reçoivent des dispositions qui les rendent applicables à tous les usages. C'est seulement alors que la machine à vapeur commence à se vulgariser.

En 1823; *Montgery* publie le premier traité sur les machines à vapeur; quatre ans après, *Farey* en publie un second qui résume principalement les règles de Watt.

462. Vers la même époque, la France commence à prendre sa part dans le grand mouvement industriel de ce temps. Il n'existait que le seul grand atelier de Perrier, auquel s'était adjoint Edwards. Mais en 1824, quatre grands ateliers se montent presque simultanément en France, et prennent bientôt d'énormes développements : leurs fondateurs sont *Cavé* et *Pihet* à Paris, *Halette* à Arras, enfin la Société *Mamby* et *Wilson* d'abord au *Creusot*, puis à *Charenton*, près Paris. On ne saurait manquer de nommer ces établissements dans l'histoire de la machine à vapeur, car ils ont grandement concouru à ses perfectionnements, surtout le Creusot et l'usine Cavé (1); qui subsistent seuls aujourd'hui. Le Creusot construisit, en 1826, la pompe à feu de Marly, ce qui fut un tour de force pour cette époque. Quant à M. Cavé, déjà en 1824 il avait construit la première *machine oscillante*, l'un des types aujourd'hui les plus répandus. Les écrivains anglais, trop désireux de devoir à leur nation toutes les découvertes, ont imaginé d'attribuer à un certain Murdock, collaborateur de Watt, toutes les machines et tous les systèmes qui n'ont pas en Angleterre un inventeur reconnu. La machine oscillante

(1) **M. Cavé, d'abord simple ouvrier menuisier, puis chef mécanicien dans une des plus importantes filatures du temps, fonda son atelier vers 1825, d'abord dans le faubourg du Temple, à Paris, puis dans le faubourg Saint-Denis, où il prit son immense développement vers 1836. Il a construit lui-même tout son outillage d'après des systèmes entièrement nouveaux, admis encore aujourd'hui. Il a exécuté à lui seul près d'un sixième des machines qui existent en France.**

a donc, comme une foule d'autres, été attribuée, soit à Watt, soit à Murdock, au moins comme première idée. Tout ce que nous pouvons affirmer, c'est que M. Cavé installa sa première machine oscillante en 1824, dans la filature de M. Indland à Clignancourt, près Paris, qu'il ne cessa d'en construire depuis lors, qu'elles étaient parfaitement raisonnées et qu'elles eurent beaucoup de réputation.

Le grand fait qui appelle maintenant l'attention dans l'histoire de la machine à vapeur, est la réduction extraordinaire dans la dépense de combustible qui s'obtient vers l'année 1830 dans les pompes à feu du Cornwall. On y arrive d'abord par une conduite très-intelligente du feu, grâce à l'émulation qu'on sait établir entre les chauffeurs; 2° en augmentant de plus en plus les proportions respectives des surfaces de chauffe et de grille des chaudières; 3° en utilisant la force expansive de la vapeur par la détente dans le cylindre, suivant des limites jusqu'alors inconnues. On sait quelle sensation produisit l'annonce de ces résultats en France, où le combustible est encore si coûteux. Ce fut le point de départ de recherches où nos constructeurs français se sont signalés. Parmi eux nous devons citer *Bourdon*, *Tresel*, *Farcot*, *Legavriant*, dont les systèmes de détente sont décrits dans les recueils périodiques, et notamment dans celui d'Armengaud. (Voyez n°ˢ 250 et 260.)

La machine à vapeur entre vers 1835 dans le domaine de la science; déjà en 1829, M. *Poncelet*, en précisant les lois du travail mécanique et celles du travail de la vapeur et des gaz en particulier, avait, suivant l'expression du général Morin, fait de la mécanique appliquée une science nouvelle. En 1836 *Tredgold*, et en 1839 *Morin*

dotent, l'un l'Angleterre (1), et l'autre la France, des premiers traités vraiment scientifiques sur les machines à vapeur.

L'ouvrage de Morin, sous le nom modeste d'*Aide-mémoire*, ne donna d'abord sur la machine à vapeur et sur les organes mécaniques en général que des règles pratiques, sommairement énoncées, rappelant en grande partie les lois de Watt et de Farey; mais contrôlées par de nombreuses expériences personnelles. Elles ont rendu les plus éminents services aux praticiens et ont été pour ainsi dire le programme des *Leçons de mécanique* qui ne parurent qu'en 1846, et furent peu après suivies du traité de M. de *Pambour* et de celui de *Julien* et *Bataille*, le plus complet qui ait encore paru.

L'histoire des machines à vapeur doit conserver aussi le nom de ces savants qui ont appliqué de si profondes études sur chacune des lois physiques servant de base à leur installation. Mais il suffit de nommer *Peclet* et son traité sur la chaleur, *Petit* et *Dulong* avec leurs célèbres expériences sur la pression, la température et la densité de la vapeur, M. *Reignault* et ses recherches récentes sur presque toutes les lois physiques qui servent de principes aux machines à feu, dans le but de vérifier les règles de Watt et autres.

463. Il nous serait bien difficile de rechercher les auteurs des systèmes, si nombreux, de machines à vapeur que nous voyons aujourd'hui. Nous avons nommé Watt, Wolf, Threvithick, Cavé avec leurs systèmes bien con-

(1) M. Mellet, en traduisant le traité de Tredgold en français, a vulgarisé parmi nous ce précieux ouvrage; et il n'est pas un de ceux dont les services sont les moins importants dans l'histoire de la machine à vapeur.

nus. On sait qu'on attribue à Maudslay la ***machine à bielles en retour par côté***, qui a eu beaucoup de faveur il y a quelques années, ainsi que la machine à piston annulaire et le système à double cylindre que nous retrouverons aux machines de navigation.

La *Trunck Engine* ou *machine à fourreau de Penn*, ainsi que son système de machines oscillantes, sont de même très-connus. Nous trouvons en Angleterre, à la date de 1837, et sous le nom de M. *Hamphry*, un système analogue à ceux de Penn et de Maudslay, mais où le fourreau est elliptique et occupe ainsi moins de place dans le cylindre. D'autres attribuent à Hall ce même système en 1836. Quant à cette multitude de machines à mouvement direct et à bielles agencées de toute manière, chaque constructeur en a souvent plusieurs types, où on ne voit guère d'autre but que d'avoir voulu faire autrement que les autres.

On attribue la première machine à vapeur rotative à Amontons, en 1699. Aujourd'hui il existe une infinité de systèmes rotatifs qui défient l'analyse, tant ils sont nombreux, tant leurs résultats comme leur réel inventeur sont encore incertains.

Il s'est produit récemment dans les machines à vapeur presqu'une révolution : non-seulement le type des locomotives, le mieux étudié de tous, a, surtout en France, prévalu sur les autres systèmes, mais, à l'exemple des locomotives aussi, on a imprimé de grandes vitesses et une rapide rotation aux machines, en transmettant aussi directement que possible la force aux engins à mouvoir. Les premiers promoteurs de ce système, en France du moins, furent MM. *Thomas* et *Laurens*, ainsi que M. *Flaud*, constructeur à Paris.

On doit à MM. *Meyer* et *Charbonnier*, outre de savantes études sur la régularisation des machines de manufactures, la réalisation de ce problème consistant à obtenir des machines *à un seul cylindre* fonctionnant à grande détente, autant d'uniformité de vitesse qu'avec la coûteuse et compliquée machine à deux cylindres de Wolf. La publication de leur premier projet est de 1842. (Note à la Société industrielle de Mulhouse.)

464. Plusieurs parties du détail de la machine ont récemment été modifiées d'une manière heureuse. Vers 1840 on a répandu l'usage des *pompes à air horizontales, à double effet et clapets de caoutchouc*, qui ont permis de diminuer leur volume en même temps qu'on a pu accélérer leur vitesse, tout en annulant le bruit des clapets. Ces deux perfectionnements sont donc très-importants dans la machine à vapeur. On croit que le second doit être attribué au constructeur anglais Penn. Il est à notre connaissance que M. Cavé a employé les pompes à air à double effet dès l'année 1840.

Vers le même temps, MM. Meyer et Charbonnier ont introduit, pour la condensation dans les machines à vapeur, leur système de pompe à air verticale à double effet, *pompant l'air par le haut et l'eau par le bas*, obtenant ainsi dans les appareils condenseurs une réduction extraordinaire de volume (1). (Voir au tableau A la machine n° 10.)

Les *condenseurs secs*, c'est-à-dire dans lesquels la vapeur traverse des tubes extérieurement rafraîchis et

---

**(1) Depuis deux ou trois ans M. Gache, de Nantes, a introduit le même système dans la navigation.**

se condense sans mélange d'eau d'injection, constituent un système d'une très-haute importance dans les machines à vapeur combinées d'eau et d'éther dont nous parlerons plus loin. En Angleterre, on les nomme condenseurs de *Hall*; en France, ils portent le nom de M. *Beslay*, sans que nous puissions établir à qui est la priorité. Mais en 1853 M. *Palmer* leur a fait subir un perfectionnement qui équivaut à une transformation, c'est lui qui est parvenu à les étirer sous toutes les formes voulues, et qui a rendu leurs joints étanches en coulant sur leurs extrémités, après les avoir étamés, les plaques tubulaires, de façon à ce que les tubes et les plaques tubulaires fissent corps ensemble.

Les *appareils pour distribuer la vapeur* dans le cylindre avec détente, ont été très-variés ; mais il est un système admis généralement qui consiste à conduire le tiroir de distribution par deux excentriques reliés par une coulisse : c'est la distribution *dite Stephenson*, décrite au n° 260. Le principe en est ancien. Presqu'au début des premiers chemins de fer en France, on reliait les excentriques par une coulisse. Je me rappelle avoir vu le même système dans de vieux bateaux à vapeur. Mais on ne peut contester à Stephenson d'avoir le premier employé cet appareil pour varier la détente, après l'avoir raisonné et proportionné tel que nous le voyons aujourd'hui. Stephenson n'a appliqué sa distribution à coulisse qu'aux locomotives ; à l'exposition de 1847, M. *Kientzy*, de Paris, a proposé le même système pour les machines fixes et marines. On doit enfin récemment à M. *Philips*, ingénieur des mines, un savant mémoire sur l'usage pratique de cet important organe mécanique.

L'industrie des machines à vapeur doit à deux autres

ingénieurs de l'École des mines, M. *Lechâtellier* et M. *Couche*, ainsi qu'à M. *Nollo*, ingénieur autrichien, un service de premier ordre malgré sa modeste apparence : c'est d'avoir étudié la formation de ces actions perturbatrices qui se développent dans le mouvement du mécanisme des locomotives. On sait comment cette étude les a conduit à proportionner rationnellement *les contre-poids* qui les détruisent, et qu'on adaptait avant eux d'instinct et au hasard. D'après les dates certaines de travaux imprimés, ceux de M. Lechâtellier ont la priorité. Aujourd'hui les contre-poids se généralisent dans toute machine à vapeur; et si elles ont, malgré les variations de la détente, acquis une si merveilleuse uniformité de vitesse, c'est l'œuvre de Fitzgerald avec son volant, de Watt avec son pendule conique, de Charbonnier avec ses études sur ces deux appareils, et de M. Lechâtellier avec ses recherches sur les contre-poids.

465. Un dernier mot sur les générateurs.

Les systèmes de chaudière sont devenus très-nombreux : le générateur à *bouilleurs multiples* paraît devoir être attribué à Hornblower en 1810; on sait que la chaudière en *forme de tombeau* appartient à Watt, et la *chaudière tubulaire* à Séguin d'Annonay. MM. Cavé et Farcot se disputent la première application de la *chaudière à flamme renversée*, chauffant les bouilleurs en sens contraire de l'arrivée de l'eau alimentaire. Le premier appareil de ce genre de M. Cavé fut établi il y a plus de douze ans.

La classique *chaudière à bouilleurs* est souvent, même à l'étranger, nommee chaudière française; je n'ai cependant pas pu retrouver son auteur. Quant à la chaudière *tubulaire en retour de flamme*, à l'usage de la marine,

son nom de chaudière américaine atteste peut-être aussi son origine étrangère. On dit cependant qu'elle a été il y a très-longtemps, ainsi que la machine à vapeur à fourreau, exécutée à l'usine impériale d'Indret. Nous n'avons rien retrouvé de concluant à cet égard.

L'idée d'activer le tirage de la cheminée par un *jet de vapeur*, est attribuée en France à M. *Pelletan ;* mais on sait que *Stephenson* en 1836 a, le premier, sur les locomotives, utilisé de cette manière la vapeur sortant des cylindres. L'injection prise directement sur la chaudière n'a pas d'inventeur certain, nous nous rappelons seulement que ce système existait dans les petits bateaux à vapeur de M. *Cochot* sur la Seine, en 1834. C'est encore un des procédés que le constructeur anglais *Penn* a le mérite d'avoir répandus dans l'industrie.

466. Parlerons-nous maintenant des *organes de détail* qui entrent dans les chaudières à vapeur? Nous nous contenterons d'en signaler quelques-uns dont l'usage s'est généralisé. Parmi les indicateurs, nous nommerons le manomètre et l'indicateur du vide à spirale métallique de M. *Bourdon* ; le manomètre à piston différentiel, à mercure et air libre de *Galy-Cazalat.*

Les *flotteurs d'alarme*, indicateurs et à sifflet, ont été proposés il y a longtemps. Nous n'en avons pas toutefois trouvé de plus anciens que celui de M. *Sorel* en 1836, type diversement varié ensuite par presque tous les constructeurs et notamment par *Chaussenot*, *Bourdon* et *Cail*. L'exposition de 1855 a offert un nouveau système de M. *Pinel*, de Rouen, où le flotteur fait mouvoir une aiguille aimantée sur un cadran.

On sait que la *soupape de sûreté* des chaudières est l'œuvre du célèbre Papin. On doit à MM. *Lemonnier* et

*Vallée*, en France, et à *Megenhoffen*, en Allemagne, de l'avoir perfectionnée en y ajoutant un mouvement de bascule qui augmente l'échappement de vapeur quand elle est en excès dans les chaudières.

Le *tube-indicateur* et les *robinets-jauges* pour indiquer le niveau d'eau dans les chaudières, nous sont venus d'Angleterre avec les premières locomotives.

La *pompe de désaturation* continue des chaudières, a été proposée en Angleterre par *Brown*, et employée dans la marine il y a plusieurs années. Nous n'avons pas pu retrouver la date. Le même système a été employé en France par *Gengembre* sur le vapeur *le Vautour* en 1840. (Voyez Armengaud, vol. IX.)

467. Terminons enfin cet exposé en mentionnant deux nouveaux systèmes qui font en ce moment grande sensation : le premier est la machine *à vapeurs combinées* d'eau et d'éther ou chloroforme. Dans un mémoire imprimé qui porte la date de 1827, M. Galy-Cazalat a indiqué ce système. Mais on ne peut contester à MM. *Dutremblay* et *Lafont*, tous deux capitaines de vaisseau, ainsi qu'à M. Gaultier, armateur de Lyon, de l'avoir, de 1846 à 1854, réalisé et mis à même, par des perfectionnements successifs, d'entrer parmi les procédés courants que peut seule accepter l'industrie.

L'exposition de 1855 a offert un nouveau système auquel nous croyons de l'avenir.

C'est le système de *Siemens*, dit *à vapeur régénérée* ou réchauffée, dans lequel la vapeur, après avoir fonctionné avec détente dans un premier cylindre comme à l'ordinaire, est ensuite exposée à l'action d'un foyer qui lui rend sa température et sa pression primitives, en sorte qu'elle puisse être employée de nouveau comme force

motrice. C'est le principe de la fameuse machine calorique d'Éricson, dans laquelle la vapeur est employée au lieu de l'air. (Voyez sa description et les expériences opérées, dans les comptes-rendus de l'exposition de 1855, et notamment dans le *Cosmos*, journal de M. Moigno.)

### SECTION DEUXIÈME.

#### SYSTÈMES ET DIMENSIONS GÉNÉRALES DES MACHINES FIXES.

468. Tous les types de machines à vapeur sont susceptibles d'être employés dans les usines et manufactures. Le choix se détermine suivant les circonstances, la nature du mouvement à transmettre, du travail à fournir, du combustible à employer, la disposition des lieux, les ressources de l'usinier, etc... S'agit-il de mouvoir des métiers délicats, comme le seraient des broches de filature ou des outils d'ateliers de construction? la machine motrice doit être très-précise, pourvue de tous les appareils propres à rendre parfaitement uniforme son mouvement circulaire, tels que volant, modérateur, détente variable, etc. (Voyez n^os 33 et 248.)

Veut-on employer la machine à vapeur à monter des charges, comme dans les mines ou les entrepôts? outre les organes régularisateurs de son mouvement, elle doit posséder ceux qui permettent de renverser la marche (267) de manière à faire tourner l'arbre à volonté dans un sens ou dans un autre ; tandis que dans le cas précédent l'arbre n'avait à tourner que dans un seul sens, et n'avait pas besoin de ces appareils de changement de marche.

Ici la machine, servant de moteur à des appareils grossiers, ne devra plus rien avoir de la délicatesse qui la caractérisait, surtout dans le premier des cas précé-

dents, et qui exigeait un soin particulier d'entretien ; simple, solide, facilement manœuvrable, peu susceptible d'être gênée dans ses fonctions par la poussière et les secousses auxquelles elle est forcément exposée, telles seront alors ses conditions générales. Dans les localités où le combustible est cher et l'eau abondante, la machine fonctionnera à condensation avec la plus grande détente possible, les surfaces de chauffe et de grille seront largement développées. Là au contraire l'eau est rare et le combustible bon marché, il faut en outre que la machine soit simple et légère : dès lors il convient de choisir les types à haute pression, dépourvus d'appareils condenseurs et munis de générateurs légers et réduits aux plus strictes proportions permises.

Ici encore le moteur devra être horizontalement placé sur une base largement développée, n'ayant pas de profondes fondations, transmettant le mouvement sur un point rapproché du sol, comme dans le cas des laminoirs; là au contraire on devra, pour économiser l'espace, dresser la machine verticalement.

C'est assez multiplier ces exemples et montrer comment le choix du type des machines n'a rien d'absolu, et comment un système excellent dans un cas peut donner de mauvais résultats dans un autre.

469. On s'accorde cependant à suivre certaines règles dans les limites que permettent les circonstances.

Et d'abord *deux types principaux* se disputent la préférence dans les manufactures, où l'extrême uniformité de vitesse est requise. Certains industriels n'acceptent que les machines de Wolf ou de Legavriant, à plusieurs cylindres d'inégale capacité, où la vapeur passe de l'un à l'autre en se détendant (voyez nos 248 et 250). Les

autres préfèrent, comme système plus simple et très-suffisant, la machine à un seul cylindre, fonctionnant avec grande détente, et munie d'un fort volant. L'exposition de 1855 a offert l'expression de cette lutte entre les deux systèmes. Toutes les machines des constructeurs de Rouen appartenaient au système de Wolf, et presque toutes les autres au type direct, dit mouvement de locomotive à un seul cylindre. La même lutte a eu lieu en Alsace entre Meyer et Charbonnier d'une part, Kœchlin, Risler, etc., d'autre part. Les mêmes économies de consommation ont été réalisées de part et d'autre; nous avons la certitude que la même régularité de mouvement a pu être obtenue par une bonne proportion de toutes les parties. En somme, nous ne voyons pas trop de motif de préférence. Mais une question plus importante est de savoir s'il convient d'accoupler dans les usines, sur le même arbre, plusieurs machines conjuguées avec cylindres et mécanismes distincts, comme il se pratique dans la marine et sur les chemins de fer. On sait qu'une seule machine donne plus de travail utile que deux autres d'une force collective égale (voyez n° 283). Mais en cas d'accident dans l'une des deux machines, l'autre peut continuer à mouvoir toute la manufacture en la forçant, ou au moins une moitié de cette manufacture; en sorte que ces complets chômages, si désastreux, n'arrivent plus. Cette double considération juge, à notre avis, la question: dans les usines où la force motrice n'excède par 20 ou 30 chevaux, il serait trop dispendieux d'avoir double appareil. Mais au-dessus de cette force il nous paraît sage de la diviser entre deux machines distinctes conjuguées à angle droit sur le même arbre de couche en observant ce qui est recommandé au n° 299.

470. *La vitesse de rotation des machines* destinées à mouvoir les usines est encore un point qui trouve les ingénieurs divisés en deux camps : les uns ne veulent que des machines à mouvements rapides, à petite course de piston et à révolutions multipliées, rappelant, en un mot, les locomotives ; c'est aujourd'hui la tendance générale. En tête de ses promoteurs sont, en France, MM. Thomas et Laurens, et bien plus en avant qu'eux encore, M. Flaud, constructeur à Paris, lequel imprime jusqu'à quatre et cinq cents tours de volant par minute à ses machines.

D'autres constructeurs ou manufacturiers ne veulent, au contraire, dans les usines, sauf dans quelques cas tout à fait exceptionnels, que des machines à grande course de piston et rotation limitée à vingt ou trente tours, sauf à accélérer le mouvement transmis dans l'usine par des engrenages ou des courroies.

Les avantages des machines rapides sont : 1° une grande réduction de poids et de volume, ayant pour conséquence une notable réduction dans le prix de premier établissement ; 2° une transmission directe sans ferraillement ni frottement d'engrenages. Ses inconvénients sont les suivants : 1° elles demandent une grande perfection dans le choix des matériaux et dans la construction ; 2° les grippements et échauffements de pièces frottantes, les ruptures et en général les avaries, se manifestent avec une grande rapidité ; 3° ce sont des appareils plus délicats, dont la conduite ne peut être confiée qu'à des mécaniciens soigneux et intelligents ; 4° leur usure est plus rapide ; 5° enfin, le peu d'amplitude de la course rend plus limité l'emploi de la détente de vapeur.

L'avantage des machines à grande course de piston et

lente rotation est d'offrir plus de ressources pour prolonger la détente; surtout elles constituent des appareils moins délicats, que le mécanicien peut presque abandonner à eux-mêmes, où l'usure est lente, la réparation moins minutieuse, les accidents plus rares, les avaries moins promptes; mais elles sont incomparablement plus lourdes, plus spacieuses, et leur prix, parfois plus que double de celui des machines rapides, ne compense pas toujours leur durée bien plus longue.

Avant de préciser notre opinion sur les motifs de préférence, rappelons trois principes : 1° la réduction du poids et du volume des machines n'est généralement dans les usines qu'une condition très-secondaire; 2° ce qu'il importe est d'avoir un moteur simple, solide, d'une marche uniforme, peu sujet à se déranger ou à user ses articulations, où la puissance de la vapeur soit largement utilisée, qui n'ait pas besoin d'être surveillé sans cesse, et qui soit à la portée des mécaniciens qu'on peut communément avoir dans la localité où est située l'usine. Ainsi, un moteur dont la conduite et la réparation sont délicates ne saurait sagement être installé dans une manufacture éloignée des centres industriels où on peut trouver à volonté de bons mécaniciens pour la conduire, et d'habiles constructeurs pour en refaire les pièces avariées. 3° La question des frais de premier établissement ne paraîtra que bien secondaire après les deux considérations précédentes. Dans la dépense, toujours considérable pour la fondation d'un établissement industriel, ne vaut-il pas bien mieux acquérir un moteur coûteux qui n'amènera presque jamais de chômage dans l'usine, plutôt qu'une machine à bas prix qui exigera des réparations fréquentes?

Ceci posé, nous dirons que la préférence entre les machines rapides et les machines à lente rotation est encore un de ces points qui se décident d'après les circonstances locales. En principe général, il faut que la machine motrice conduise l'usine aussi directement que possible, tant que l'arbre de transmission ou les engins à mouvoir restent dans les limites d'une vitesse moyenne qu'on peut fixer à une cinquantaine de tours par minute au moins, et à soixante-dix au plus.

Au delà et en deçà, la transmission directe par la machine sera l'exception, et l'emploi des engrenages ou poulies pour ralentir ou accélérer le mouvement, sera au contraire la règle.

La puissance des machines, la dimension de leurs organes, la force vive de leurs pièces en mouvement, seront encore consultées pour décider s'il y a lieu de recourir aux machines rapides ou à lente rotation. Un petit moteur, à organes peu pesants, peut, sans inconvénient, être accéléré ; et réciproquement on peut, pour transmettre un effort modéré, recourir à des engrenages ou à des poulies ayant eux-mêmes naturellement des dimensions modérées, de façon à ce qu'on donne au moteur lui-même une faible vitesse.

471. La *puissance des machines* installées dans les manufactures doit, plus que dans toute autre industrie, excéder notablement celle qui est nécessaire pour la fabrication actuelle. Ainsi vous créez une fabrique ayant besoin de 50 chevaux de force motrice, ne craignez pas de commander la machine pour une puissance supérieure d'un bon quart ; car si l'établissement prospère, nul doute que la fabrication ne dépasse les prévisions actuelles, et il audrait bientôt alors remplacer le moteur.

C'est ainsi que dans une des plus grandes usines du département de la Seine, une machine de 30 chevaux a dû être forcée jusqu'à en développer 57. Il en est de la puissance motrice dans les usines, comme de l'étendue des terrains qu'on leur destine; jamais ils ne peuvent être trop considérables, parce qu'il est dans leur nature de se développer avec le temps.

Il existe diverses méthodes pour évaluer la force à assigner aux machines à vapeur des usines. Le propriétaire, mieux au fait que tout autre sur la force à dépenser dans sa manufacture, se borne souvent à demander un moteur de 20, 30, 40 chevaux sans autre spécification. L'obligation du constructeur est alors très-simple; car le *cheval* est *unité de travail* déterminée (n° 6), égale à 75 kilogrammètres, représentant à peu près la force de 7 à 8 hommes. La machine, une fois livrée, est alors essayée pour constater sa force effective, par l'un des procédés indiqués aux n°s 286 et 287.

D'autres fois l'industriel se présente chez un constructeur, et lui dit : J'ai tant d'hectolitres de grains à moudre ou d'eau à élever, tant de kilogrammes de fer à produire ou de fils à étirer en tel temps donné; établissez-moi un moteur en conséquence. La tâche du constructeur est alors délicate. Il lui faut ponctuellement connaître toutes les conditions de l'usine à mouvoir. C'est ainsi, toutefois, que sont dans l'usage de traiter les entrepreneurs qui ont la spécialité d'installer certains genres déterminés d'usines. MM. Thomas et Laurens pratiquent toujours de cette manière; aussi, dans les machines fixes construites sur leurs plans, et dont ils ont bien voulu nous communiquer le tableau comparatif (voir tableau E au dernier chapitre), n'est-il pas question de force en

chevaux, mais seulement d'un travail en nature à fournir. Les tableaux généraux A et suivants et le tableau D des machines de M. Cavé, comprennent au contraire des machines basées sur une force promise en chevaux-vapeur.

Il s'est introduit dans nos départements du Nord une autre manière d'évaluer la force des machines ; on les calcule bien en *chevaux-vapeur*, mais on donne, d'une manière fixe, 55 centimètres de surface au piston par cheval, avec 1 mètre de vitesse par seconde et 5 atm. de pression, ce qui correspond à des chevaux de plus de 110 km.

Nous comprenons fort bien que chaque industrie veuille avoir son unité de travail, précisant bien mieux qu'une force en chevaux, toute de convention, ce qu'elle lui rend en produit utile. Mais quelle sera l'unité de travail quand il s'agira de comparer les diverses industries et les divers engins mécaniques? Nous croyons donc que l'évaluation légale du travail, qu'on eût peut-être pu mieux déterminer dans le principe, doit être maintenue, sans empêcher cependant ces évaluations particulières, mais qui restent localisées.

472. *Le dégagement*, ou en d'autre termes l'espacement des diverses parties du mécanisme moteur, est encore une des conditions habituelles des machines de manufacture; ce point sera développé plus tard à propos de l'installation. Tout ce que nous avons à dire ici, c'est qu'il ne faut pas ramasser les organes comme nous verrons qu'on y est forcé dans la marine et les locomotives. Non-seulement rien n'y oblige, mais il importe qu'on puisse partout aborder la machine, même pendant quelle marche, sans courir aucun danger.

473. *Des générateurs de machines fixes* nous dirons ce

que nous avons dit de la machine elle-même : c'est que tous les types peuvent, à la rigueur, être employés. Mais les conditions de légèreté, de réduction de poids ou de volume, sont ici ordinairement sans but. Ce qu'il faut, au contraire, c'est que les générateurs de machines fixes ne soient pas trop délicats, et qu'ils puissent fonctionner le plus longtemps possible sans réparation ni nettoyage. Cette double observation détermine le choix à faire du système.

Ces vastes chambres, peu compliquées à l'intérieur, contenant beaucoup d'eau, où le niveau normal ne baisse pas trop vite, où les réservoirs de vapeur, la surface de chauffe sont largement développés, où l'on peut entrer pour en nettoyer à fond toutes les parties, voilà les types que rechercheront toujours les industriels expérimentés. Au contraire, les générateurs qu'on ne peut presque pas quitter, qu'il faut nettoyer tous les quatre ou cinq jours, qui sont sujets à subir des retraits et des dilatations amenant des fuites, ne seront jamais que d'un emploi passager.

Dans les chaudières de machines fixes, le tirage d'air se fait naturellement, par de hautes cheminées de section suffisante, sans aucun de ces procédés mécaniques qui forcent le tirage dans les appareils où l'on ne peut donner aux cheminées les dimensions nécessaires. La hauteur dépend surtout des circonstances locales ; le point important est de porter les produits de la combustion assez haut dans les airs, pour que les habitants voisins ne soient pas incommodés. La hauteur moyenne se tient entre 20 et 30 mètres ; elle est ordinairement fixée par l'acte d'autorisation dont il est parlé au n° 478. Elle se fait en brique, sauf pour les

très-petites machines et dans les localités où la mobilité du sol ne permet pas d'élever de hautes constructions maçonnées. On emploie alors des cheminées de tôle. Dans tous les cas l'autorité administrative veille avec soin à ce que toutes les garanties de solidité soient offertes et à ce que la cheminée ne puisse pas se renverser en cas d'ouragan. (Voyez nos 158 et suivants.)

On sait que les cheminées de tôle laissent couler à l'entoure une eau noire très-redoutée des passants et des voisins. Il convient donc d'entourer la base de la cheminée d'une sorte de cuvette empêchant cette eau noire d'atteindre soit les personnes, soit les propriétés.

Les machines à vapeur d'usines et leur chaudière doivent encore satisfaire à beaucoup d'autres conditions spéciales, mais elles concernent l'installation et seront développées dans la quatrième section ci-après.

474. Il reste à donner, comme *exemple des dimensions généralement adoptées* dans les machines fixes, des tableaux comparatifs de divers systèmes. Ces tableaux, que nous sommes forcés de renvoyer, dans cette édition, à la fin du volume, contiennent :

Le premier, A, les machines à condensation, munies de leur générateur et devant donner la force motrice avec très-grande économie de combustible dans des localités où l'eau abonde à volonté.

Le second, B, les machines sans condensation, munies aussi de leur générateur, et installées dans des localités où le combustible est plus facile à se procurer que l'abondance d'eau nécessaire aux appareils de la classe précédente.

Dans le troisième tableau, C, sont des machines avec ou sans condensation, que le constructeur a livrées sans

s'inquiéter des chaudières, la création de la vapeur étant fournie amplement par des appareils déjà en service, comme dans une forge, par exemple, lorsqu'on utilise la chaleur des fours et fourneaux pour chauffer des chaudières. Dans ce cas le constructeur est averti qu'il lui suffit de proportionner la machine en comptant sur une production de vapeur largement égale à celle que donnerait un générateur ordinaire établi suivant les dimensions consacrées.

Le tableau D contient plusieurs types de M. Cavé, avec un état de leurs principales dimensions plus développées que dans les tableaux généraux.

Le tableau E offre divers types de MM. Thomas et Laurens, où la force développée est évaluée en produits industriels rendus (471) et non plus en chevaux-vapeur.

475. Il importe, dans l'examen de ces tableaux, de ne pas perdre de vue l'observation que nous allons ajouter : Les dimensions qu'on y voit assignées aux machines par les divers constructeurs ne s'accordent qu'entre des limites assez larges; c'est que ces dimensions sont, non pas celles que la théorie rigoureuse assigne comme devant produire un travail précisé, mais les proportions moyennes que les constructeurs observent pour ne pas rester au-dessous des conditions de leur marché.

476. On remarquera dans la comparaison des diverses systèmes que :

1° On emploie généralement aujourd'hui les machines à haute pression avec grande détente;

2° Le nombre des rotations, sauf les cas où les transmissions directes et rapides sont requises, ne dépasse guère 30 à 40 tours avec une vitesse de piston de 1 mètre à 1m,50 par seconde;

3° La section moyenne des lumières d'admission de vapeur se tient communément entre 1/20 et 1/30 de la section du piston à vapeur;

4° La surface de chauffe moyenne égale de $1^{mc},20$ à $1^{mc},50$ par force de cheval nominal. Les conduits de flamme sont longuement développés;

5° La surface de grille est très-variable à cause de la variation des combustibles qu'on se propose d'employer. En moyenne on compte 4 à 5 décimètres de grille et 1 décimètre carré de section de cheminée par cheval;

6° Le volume d'eau est environ 200 litres par cheval, ou à peu près quatre fois la quantité à vaporiser en un temps donné; le volume de vapeur est le tiers ou la moitié du volume d'eau;

7° La consommation de houille que les constructeurs garantissent, descend jusqu'à 1 kilog et demi et au-dessous par cheval et par heure pour les machines les plus économiques. Mais avec les machines à haute pression et sans condensation, on ne peut guère espérer consommer moins de $2^{k},50$ à 3 kilog.

### SECTION TROISIÈME.

#### AUTORISATION D'ÉTABLIR LES USINES A VAPEUR (1).

477. Les usines à vapeur doivent être installées d'après des règles techniques et des prescriptions légales qu'on ne saurait trop recommander à l'attention du lecteur; car faute de s'être mis en mesure au préalable comme il convenait, que de contestations les industriels

(1) Cette section a été revue par M. Gaudry père, avocat à Paris et ancien bâtonnier de l'ordre.

n'ont-ils pas eu souvent avec leurs voisins et l'autorité administrative !

Les machines à vapeur sont régies par les décrets des 15 octobre 1810, 14 janvier 1815, l'ordonnance royale du 22 mai 1843, l'ordonnance de police du 6 novembre 1843, enfin par diverses circulaires ministérielles explicatives. Ces ordonnances et circulaires concernent spécialement les usines à vapeur. Les décrets de 1810 et 1815 régissent les établissements dangereux, insalubres ou incommodes en général; or, parmi eux, sont classées les usines à vapeur. Il importe donc d'entrer sur ces décrets dans des développements qui auront d'ailleurs aussi leur utilité pour les usines elles-mêmes que desservent les machines à vapeur.

§ I. — Principe de l'autorisation préalable.

478. Les machines à vapeur et en général les manufactures dangereuses ou incommodes par leur bruit, leur odeur et leurs émanations, *ne peuvent être établies sans une permission de l'autorité administrative.*

Est-il besoin d'insister sur la convenance de cette intervention de l'autorité, et d'expliquer comment, à côté du principe de liberté de l'industrie, a dû se placer dans tous les temps l'action du pouvoir chargé de veiller à la santé et au repos des citoyens? Et puis n'est-ce pas lorsqu'il est question pour des industriels d'exposer peut-être toute une fortune dans une industrie, qu'il convient d'appliquer la maxime : *mieux vaut prévenir que réprimer;* mieux vaut réglementer par avance une usine à créer, l'empêcher de nuire, et instruire le propriétaire des sacrifices que lui imposent le repos ou la santé publics, plutôt qu'attendre la mise en activité pour sup-

primer cette entreprise sur laquelle se fondaient tant d'espérances?

Il est néanmoins trop vrai qu'on s'est servi parfois de l'action nécessaire de l'autorité administrative pour opprimer des industries utiles. Ces abus tiennent à ce qu'on ne se pénètre pas toujours bien de l'esprit des décrets. Leur but est essentiellement *sanitaire*; ce qu'ils se proposent est uniquement de préserver les voisins contre l'incommodité résultant de la fumée, du bruit, des émanations, ou des dangers tels que le feu, l'écroulement des maisons, l'explosion, les maladies, etc... Sont légitimes toutes les mesures qui tendent à ce but; sont illégales toutes celles qui n'y tendent pas.

Ces simples mots indiquent quelles conditions il est du devoir de l'administration d'imposer et quelle est la nature de son intervention; mais l'existence de l'industrie elle-même n'est nullement en question; l'industrie est libre, pourvu qu'elle soit exploitée sans nuire aux voisins. La plus dure condition qui puisse être imposée à l'entrepreneur est donc, non pas de faire rentrer dans ses cartons la mise à exécution de ses plans, mais de l'obliger à reculer ses ateliers loin des habitations menacées. L'inexécution elle-même des conditions prescrites, lorsque l'éloignement des demeures habitées n'a pas été exigé, n'aura d'autre conséquence que celle de contraindre l'usinier à porter plus loin son industrie.

479. Au pouvoir souverain seul il appartient de décider quels sont les ateliers, manufactures et usines pour la création et le roulement desquels il est besoin d'une autorisation préalable. Seul il les classe en raison de leurs dangers, seul il arrête et modifie les listes et tableaux où ils sont dénommés. Ces tableaux font loi; aucun tribunal,

aucun représentant de l'autorité administrative ne pourrait légalement, par exemple, considérer comme dangereuse une usine que les tableaux classent comme simplement incommode (art. 10 de l'ord. de 1810 et 1 de l'ord. de 1815), ou réciproquement.

Le rôle que conserve l'autorité administrative est donc de permettre ou défendre, conformément *aux règles tracées par les décrets*, la création des usines, et de réglementer leur exploitation en vue de l'empêcher de nuire par son voisinage.

Dans le département de la Seine et son ressort, il a été prescrit de n'établir aucune usine sans *déclaration préalable* à la préfecture. La même mesure a été prise dans divers départements, villes ou communes.

Cette déclaration évite à l'usinier de rechercher si son établissement est classé ou non. Dans le premier cas, le préfet de police ou le maire de la commune se chargent de faire savoir à l'usinier que son industrie, appartenant à telle classe d'établissement incommode ou insalubre, l'autorisation doit être poursuivie dans des formes données. Dans l'autre cas, il est répondu à l'usinier qu'il a toute liberté de créer son établissement.

Dans les localités où la déclaration préalable n'est pas requise, le premier soin de celui qui veut créer un établissement industriel ou ajouter de nouveaux ateliers à ceux qu'il possède, doit être de s'assurer au secrétariat de la préfecture ou sous-préfecture du lieu où s'exerce cette industrie, si l'usine projetée figure ou non sur les tableaux des ateliers insalubres ou incommodes.

Si elle n'est pas classée c'est que, ou bien l'industrie en question est nouvelle et n'a pu fixer encore l'attention de l'autorité, ou bien elle est ancienne et connue pour ne

présenter aucun inconvénient sérieux. Dans ce dernier cas, l'exploitation en est parfaitement libre comme celle de tout commerce, de toute propriété, à la charge seulement de se conformer aux règles du Code civil, et notamment à l'art 674, qui fixe les distances à garder dans les constructions.

480. *L'exploitation des nouvelles industries* est également libre, en ce sens du moins qu'il n'y a pas lieu de requérir une autorisation préalable. Mais l'entrepreneur ne saurait avec trop de soin étudier ses procédés et apprécier lui-même les dommages qu'elle pourrait causer, déterminer en conséquence le lieu de son usine, disposer les appareils de manière à ne pas nuire aux voisins, en un mot agir par lui-même comme si déjà son usine était classée et prévenir l'action de l'autorité administrative, de telle sorte qu'elle n'ait plus qu'à provoquer pour l'avenir une ordonnance de classement s'il y a lieu, sans inquiéter l'établissement créé, où toutes les précautions ont d'avance été prises. On verra ci-après (n° 494) quelles sont les conséquences d'une insuffisance de précautions.

Nous recommandons la prudence, surtout dans les contrées où les établissements industriels sont encore inconnus. Les premières usines qui s'y viennent établir sont presque toujours, de la part des voisins, l'objet d'inquiétudes et de préjugés ; la moindre incommodité, la moins dommageable émanation de fumée ou d'odeur, devient une occasion de plaintes et de procès en dommages-intérêts ; l'intolérance est impitoyable.

481. Il existait, au moment du décret de 1810, des machines à vapeur ou des établissements dont quelques-uns subsistent encore ; que fut-il statué à leur égard ?

Le décret, après avoir rappelé ce principe général que les lois n'ont pas d'effet rétroactif, et ordonné cependant la suppression des usines les plus intolérables à l'égard desquelles la rigueur du droit devait fléchir, a autorisé les autres à continuer leur libre exploitation comme si elles étaient autorisées.

Mais pour revendiquer aujourd'hui le bénéfice de cet article du décret de 1810, il faut trois conditions :

1° Que l'usine ou la machine ait été vraiment en activité paisible et non contestée au moment du décret ;

2° Qu'elle n'ait pas, depuis cette époque, été transférée dans un lieu autre que celui où elle était alors; car par ce seul fait elle rentre sous l'application des lois générales ;

3° Que l'exploitation n'ait pas eu d'interruption excédant six mois, sous peine de rentrer également dans le droit commun.

L'article ne distingue pas, et il paraît difficile de prétendre qu'une interruption forcée, pour réparer une avarie, par exemple, puisse conserver à l'usine le droit d'exister en dehors des règles générales qui devraient la soumettre à l'autorisation.

Nous en dirons autant des chômages périodiques auxquels sont naturellement soumises certaines industries.

En effet le législateur, par une grande tolérance, sacrifiant à l'industrie la santé et le repos des voisins, n'a pas voulu interrompre une *exploitation courante.* Mais dès que celle-ci vient à s'arrêter d'elle-même par quelque cause que ce soit, il n'existe plus de raison pour maintenir l'usine nuisible en dehors du droit commun.

Telles sont les conditions requises pour jouir encore aujourd'hui du bénéfice de l'art. 11 du décret de 1810 ;

mais est-ce sur l'usinier que tombe l'obligation de rapporter la preuve qu'elles existent? Assurément non; car le fait seul de l'actualité de son exploitation forme présomption légale en sa faveur. Ce sont donc les voisins intéressés à chasser d'auprès d'eux l'usine, qui devront prouver qu'elle est dépourvue d'existence légale; preuve qui admet d'ailleurs toutes les formes possibles.

§ II. — Classement des usines autorisables et formalités pour parvenir à l'autorisation.

482. Les ateliers et manufactures reconnus incommodes ou dangereux sont répartis en trois classes que spécialise ainsi le décret de 1810 :

« La première classe comprend les établissements qui » doivent être éloignés de toute habitation particulière.

» La deuxième comprend les manufactures et ateliers » dont l'éloignement n'est pas rigoureusement néces- » saire, mais dont il importe néanmoins de ne permettre » la formation qu'après avoir acquis la certitude que les » opérations qu'on y pratique sont exécutées de manière » à ne pas incommoder les propriétaires du voisinage ni » à leur causer des dommages. » Autrement ces établissements seraient, comme les premiers, éloignés des habitations. C'est à cette classe qu'appartiennent les machines à vapeur (art. 4 de l'ordonnance de 1843.)

Dans la troisième classe enfin, sont les établissements qui, bien que non dépourvus d'incommodité, peuvent « rester sans inconvénients auprès des habitations, tout » en restant soumis à la surveillance de la police. »

Nous ne reproduisons point ici les tableaux des ateliers et usines pour lesquels l'autorisation est requise; car, outre que ce serait par trop sortir de notre sujet, ils

existent entre les mains de chaque secrétaire de préfecture ou sous-préfecture, et ils sont souvent remaniés pour classer de nouvelles industries, faire changer de classe celles qui deviennent plus incommodes ou moins nuisibles, et même rendre à sa liberté tel atelier dont les inconvénients ont disparu par les progrès de la science. Ainsi les machines à vapeur appartiennent à la deuxième classe; et il est à espérer qu'on annulera leur danger d'explosion, leurs émanations, leur bruit, et que tout au plus resteront-elles dans la troisième classe.

483. *Les formalités pour parvenir à l'autorisation* des usines de *première* et *seconde* classe ne présentent plus de différence aujourd'hui ; seulement l'instruction de la demande est pour la seconde classe, plus sommaire et moins minutieuse, tout en suivant les mêmes phases.

D'après les décrets de 1810 et 1815, il ne fallait rien moins qu'une ordonnance du souverain, délibérée en conseil d'État pour autoriser un établissement de première classe. Mais depuis le décret de 1852 (1) auquel la France doit une sage et opportune mesure de décentralisation administrative, c'est le préfet du département où est projetée l'usine, qui délivre la demande pour la première comme pour la seconde classe.

Dans le département de la Seine, les communes de Sèvres, Saint-Cloud et Meudon qui y ont été adjointes, c'est le préfet de police.

(1) Extrait du décret du 25 mars 1852 :

Art. 2. Les préfets statueront, sans l'autorisation du ministre de l'intérieur, sur les divers objets concernant..... la police industrielle..... l'autorisation des ateliers insalubres de première classe, dans les formes déterminées pour cette nature d'établissement et avec les recours existant aujourd'hui pour les établissements de deuxième classe

Dans les communes du département de l'Isère et de l'Ain qui, par décrets du 25 mars 1852 et la loi du 19 juin 1851 ont été adjointes au ressort du préfet du Rhône, la demande est adressée à ce fonctionnaire.

Quand l'usine doit être créée dans le ressort d'une sous-préfecture, la demande s'envoie non au préfet, mais au sous-préfet; celui-ci en fait l'instruction, sauf à la transmettre lui-même au préfet s'il y a lieu.

484. *Cette demande est présentée* sous forme de pétition respectueuse; elle contient les noms, titres et professions du requérant, la désignation bien précise du lieu où sera située l'usine, la nature des opérations qu'on y pratiquera et l'*indication des moyens par lesquels on se propose d'éviter les inconvénients*, afin que l'administration puisse juger si le lieu projeté pour édifier l'usine est suffisamment éloigné des habitations.

Pour les machines à vapeur on fera, en particulier, connaître la pression en atmosphère de la chaudière, la force en chevaux de la machine, la forme et la capacité en mètres cubes du générateur, leur emplacement, leur éloignement de la voie publique, la nature du combustible à employer, le genre d'industrie (ord. de 1843, art. 5).

Les indications de toute nature doivent être sincères et assez explicites pour mettre l'administration en état de prononcer sciemment. Agir autrement ce serait s'exposer à voir la requête rejetée et à voir surgir de bien graves difficultés ultérieures. Ici se place une grave question dont nous reportons l'examen au n° 493.

A la demande doivent être joints deux exemplaires d'un plan indiquant l'ensemble des appareils, la disposition des ateliers et leur distance des habitations voi-

sines. Ces plans doivent être cotés et faits suivant une échelle de proportion en mesures métriques de 1/500 au moins pour les plans d'ensemble et 1/10 pour les détails. (Circulaire ministérielle du 8 août 1833 et ordonn. de police de Paris du 5 nov. 1810.)

485. La demande une fois présentée suit une *instruction déterminée*. Elle est d'abord, *affichée* aux environs de l'usine projetée, avec invitation à tous les intéressés de venir consigner leurs observations au lieu qu'indique l'affiche; c'est ordinairement la mairie.

La plus vaste latitude est d'ailleurs laissée aux oppositions. Les décrets admettent *tout particulier*, sauf à l'autorité à juger la valeur de leurs dires plus ou moins sincères, intéressés ou dignes de foi.

L'administration ne se contente pas d'ouvrir un champ libre aux réclamations volontaires. Elle veut aller au-devant de toutes les plaintes qu'il serait possible de faire ultérieurement contre l'usine en projet; elle veut en outre apprécier la valeur des oppositions, et pour cela elle ouvre une *enquête* de *commodo et incommodo* par un commissaire spécial nommé soit par le préfet directement (décret de 1815 et ordonnance de 1843), soit par le maire auquel les pièces sont renvoyées à cet effet.

Le premier devoir de ce commissaire est une parfaite impartialité. Ce qu'on lui demande c'est, moins son opinion personnelle, que la constatation des faits par lui recueillis. On a dit, avec raison, qu'il est, non pas un expert ou un arbitre, mais un simple greffier chargé de transmettre au préfet le résultat de ses investigations.

Son second devoir est de ne pas se contenter des déclarations spontanées qui viennent à lui; magistrat

instructeur, il doit, dans toute sa loyauté, aller lui-même chercher les avis, s'informer sur les lieux de l'avantage et des dangers que pourra présenter l'usine en projet.

Le commissaire tient ordinairement ses séances à la mairie; mais il se transporte partout où l'instruction l'appelle.

Cette mission se confie ordinairement à un fonctionnaire public, le juge de paix, par exemple, ou un commissaire de police; mais rien n'empêche dans les questions techniques, d'en charger un ingénieur ou un conducteur des ponts et chaussées.

Ce qu'il importe, c'est que la personne choisie soit étrangère à la localité et parfaitement à l'abri des influences qui pourraient faire suspecter son impartialité.

Ses opérations terminées, il adresse au préfet son *procès-verbal d'enquête.* Celui-ci contient, la mention de l'ouverture et de la clôture de chacune de ses séances ou sessions, ainsi que la mention des déclarations reçues, en annonçant qu'elles sont annexées au procès-verbal sous tel numéro d'ordre. Puis vient le résultat de ses propres investigations. Ce procès-verbal est rédigé en entier sur papier timbré.

Le tout forme un dossier classé méthodiquement, et est envoyé au préfet en cet état. (Voir la circulaire minist. du 8 août 1833 et l'avis du conseil d'État du 5 août 1813.)

486. Pendant le temps que dure cette enquête, le préfet a transmis au conseil de salubrité ou à l'ingénieur des mines du ressort le projet et les plans de l'usine, afin qu'ils donnent leur avis et indiquent les conditions à prescrire, s'il y a lieu. On prend aussi l'avis des agents forestiers sur la question de savoir si les récoltes et la reproduction des bois dans le canton permet, eu égard

au besoin des communes environnantes, d'accorder la permission d'alimenter au bois ou charbon de bois les feux de l'usine. Dans certains cas, on demande aussi l'avis du directeur des douanes, du conseil de préfecture, de l'ingénieur des ponts et chaussées, des architectes-voyers, des inspecteurs de la navigation; en un mot, le vœu du législateur et l'esprit des circulaires ministérielles sont que l'information soit entière et qu'il ne manque aucun élément à l'instruction. L'usinier lui-même ne saurait, avec assez d'empressement, suivre l'affaire et se prêter à toutes les investigations, puisqu'elles tendent à régler au préalable les conditions du roulement de sa manufacture et prévenir, autant que possible, les plaintes et entraves ultérieures.

487. Lorsque le procès-verbal de l'enquête *de commodo et incommodo* est arrivé entre les mains du préfet et qu'il a reçu le rapport des diverses personnes consultées, il lui reste à statuer :

Si ces rapports concluent à l'autorisation, si l'enquête est favorable à la demande, que la distance entre l'usine et les habitations paraisse suffisante et qu'il n'y ait pas d'opposition, l'autorisation est délivrée et transmise au demandeur par le secrétaire de la préfecture.

Si l'autorisation rencontre au contraire des opposants, le préfet soumet les contestations à son conseil de préfecture, les contestants exposent leurs raisons, puis la décision est rendue, sauf appel au conseil d'État par la voie contentieuse (448), et dans un délai qui a été fixé à trois mois par un décret reglementaire du 22 juillet 1826.

Ici se terminent les formalités requises pour les usines comprises dans les deux premières classes d'ateliers

dangereux et incommodes, et pour les machines à vapeur en particulier.

488. Ces formalités doivent évidemment se simplifier beaucoup pour les industries que leurs faibles inconvénients permettent de ranger dans la *troisième classe.* L'autorisation est alors délivrée par le préfet dans le ressort immédiat de la préfecture et par le sous-préfet directement dans le ressort de la sous-préfecture. De toutes les formalités ci-dessus, aucune n'est exigée. On doit prendre seulement l'avis du maire et de la police locale (décret de 1815). On est cependant dans l'usage de provoquer les réclamations des voisins par quelques affiches préalables apposées à l'entour du futur établissement.

Quant à l'appel de la décision du préfet ou sous-préfet, il se porte toujours devant le conseil de préfecture où il est à espérer que les difficultés, généralement peu graves, seront aplanies par une décision plus prompte qu'elle ne peut l'être dans une instance devant le conseil d'État. Mais le recours en dernier ressort devant cette haute autorité ne pouvait pas être absolument interdit, car il peut se rencontrer des circonstances graves et de grands intérêts qui forcent, malgré les lenteurs, à ne pas accepter la décision du préfet ou sous-préfet ni celle du conseil de préfecture.

Il nous reste à donner quelques principes à l'égard des établissements mixtes et de ceux antérieurs aux décrets de 1810.

489. *Les établissements mixtes* sont ceux qui comprennent réunis en un même établissement plusieurs industries diversement classées, par exemple, les ateliers de construction de machines qui peuvent comprendre des hauts fourneaux (première classe), des machines à vapeur

(deuxième classe), des chantiers ou dépôts de combustible (troisième classe) et des ateliers d'ajustage simplement assujettis à une déclaration à la police.

Pour de tels établissements, doit-il être demandé plusieurs autorisations et doit-on s'adresser à diverses autorités?

Trois cas différents peuvent se présenter :

1° Si l'établissement mixte ne comprend que des industries de première et de deuxième classe, point de difficultés depuis le décret de 1852, puisque le préfet les autorise l'un et l'autre. Il statuera donc par un seul et même acte;

2° Aucune difficulté non plus quand l'établissement qui réunit des ateliers de diverses classes, est situé dans le chef-lieu départemental où le préfet fait fonction de sous-préfet, puisque ceux de la troisième classe elle-même sont, dans ce cas spécial, autorisables par le préfet;

3° Supposons, au contraire, dans le ressort d'une sous-préfecture, un établissement composé d'industries appartenant à la première ou à la deuxième classe, c'est-à-dire autorisables par *le préfet*, et d'industries appartenant à la troisième classe, autorisables par le *sous-préfet*; exemple, une machine à vapeur (deuxième classe) servant de moteur à une briqueterie (troisième classe). Devra-t-on se faire autoriser par le préfet pour la machine à vapeur, et par le sous-préfet pour la briqueterie; ou bien suffira-t-il d'une seule et même autorisation délivrée par le préfet? Nous nous étonnons que la question soit même controversée, et à l'ordonnance du conseil d'État (du 21 mai 1847, aff^re Henry Millot), qui a choisi le premier système, par des raisons qu'elle ne fait pas con-

naître, nous préférons sans hésiter sa décision du 19 juillet 1826, qui ne veut qu'une seule autorisation, émanée, bien entendu, de l'autorité compétente pour la plus élevée des classes d'industries autorisables. Cette solution ne donne-t elle pas à la sécurité publique toutes les garanties voulues? Et dans une matière toute d'utilité pratique, où l'on ne saurait trop simplifier ni trop abréger les délais, peut-on supposer, en l'absence des textes, au législateur l'intention d'avoir voulu, par un excès de respect pour la distinction des pouvoirs, compliquer les formalités nécessaires pour parvenir à l'autorisation, et cela justement quand il s'agit des établissements de troisième classe, les moins incommodes de tous?

§ III. — Translation et transformation d'usine; et reprise d'exploitation après interruption.

190. *Transférer une usine* d'un lieu dans un autre, c'est évidemment, par rapport au nouveau lieu et aux nouveaux voisins, la même chose que créer pour la première fois une usine.

*Transformer des* ateliers et y pratiquer d'autres procédés, c'est également la même chose que fonder un établissement qui n'existait pas encore.

Dans ces deux cas, l'autorisation préalable est donc de toute nécessité, comme pour la première fondation, selon les règles prescrites.

*Quand une usine a depuis longtemps cessé* d'être exploitée, on comprend que les travaux ne puissent être repris sans une autorisation nouvelle, si les voisins, croyant de bonne foi, et avec apparence de raison, l'usine définitivement abandonnée, ont fait des travaux auxquels peut nuire la reprise de l'exploitation.

491. Mais des jurisconsultes enseignent que, par application du décret de 1810, toute manufacture classée qui reprend après six mois d'interruption, doit être autorisée de nouveau. Ce qu'il y a de certain, c'est que la plupart des autorisations délivrées en contiennent expressément la mention.

C'est, à notre avis, une rigueur que rien ne justifie. Citons, en effet, le texte de l'art. 13 du décret de 1810 sur lequel on s'appuie : « Les établissements *maintenus » par l'art.* 11 (c'est-à-dire ceux *antérieurs au décret*), » cesseront de jouir de *cet avantage* dès... qu'il y aura » une interruption de six mois dans leurs travaux, et ils » ne pourront être remis en activité qu'après avoir ob- » tenu, s'il y a lieu, une nouvelle permission. » Ceci veut dire : les établissements qu'une tolérance exceptionnelle a maintenu malgré leurs incommodités et leur défaut d'autorisation préalable, cesseront de jouir de cette exception, dès que cette exploitation dont on n'a pas osé interrompre le courant et les affaires, cessera par elle-même. L'intérêt des voisins incommodés reprend alors tous ses droits, et le moment est venu de se hâter de faire rentrer l'usine favorisée dans le droit commun. Assurément, rien dans ce texte ni dans son esprit, ne peut être appliqué aux établissements créés postérieurement au décret.

Toutefois, nous l'avons dit, la raison indique qu'il est une suspension prolongée qui peut faire croire à l'abandon de l'usine et nécessiter une autorisation nouvelle ; mais est-ce une suspension de six mois? et au lieu de chercher à forcer ainsi l'application de l'art. 13 du décret de 1810, ne vaudrait-il pas bien mieux se résoudre à reconnaître qu'il existe dans la législation une lacune des

plus embarrassantes pour l'autorité administrative? Que cette lacune soit remplie, il faut le désirer ; mais appliquer à tout établissement l'art. 13 du décret de 1810, c'est se mettre trop ouvertement à la place du législateur.

La difficulté sera de fixer un délai convenable : à notre avis, il vaudrait mieux n'en pas fixer du tout ; laisser le conseil de préfecture ou les tribunaux libres de décider, *en raison des circonstances* et sur l'opposition des voisins à la reprise des travaux, si l'interruption a pu les induire de bonne foi dans l'erreur, faire croire l'usine vraiment abandonnée et nécessiter une autorisation nouvelle. Ces circonstances, la bonne foi des parties, la notoriété publique seront les meilleurs guides.

Quant au délai de six mois, son insuffisance est évidente dans une multitude de cas. Combien d'usines éprouvent de longs chômages, soit périodiques, soit accidentels ; tantôt pour perfectionner le procédé, tantôt pour réparer des avaries, reconstruire des ateliers détruits par des inondations ou des incendies ; tantôt même par suite d'embarras momentanés des affaires, une grève d'ouvriers, une absence de commandes, etc. ! On a vu même plusieurs manufactures associées travaillant et fermant tour à tour ; certaines usines sont de simples accessoires dépendants de plus grands établissements et en activité seulement dans les temps où les travaux abondent : dans tous ces cas faudra-t-il, pour chaque reprise après six mois de chômage, renouveler l'autorisation? Mais à quoi bon? Les conditions à prescrire ont été tracées une fois pour toutes, elles sont connues ; l'autorité administrative, avertie de la reprise de l'usine par son directeur, n'aura donc qu'à reprendre sa surveillance inactive pendant le chômage.

Les auteurs qui veulent généraliser à tous les établissements incommodes ou nuisibles, l'application de l'art. 13 du décret de 1810, sont tellement effrayés des conséquences, rigoureuses pour l'industrie, où les conduit leur système, qu'ils entrent dans une foule de distinctions et de suppositions ne reposant sur rien de légal. Ils citent un arrêt de cassation du 4 novembre 1848, qui nous paraît, à nous, tout à fait contraire à ce système: « Considérant, dit-il, que si l'*art.* 13 du décret de » 1810, déclare déchus du bénéfice de l'*art.* 11, les établissements dont les travaux sont interrompus pendant » six mois, cette disposition ne saurait être appliquée au » rouissage qui n'a lieu régulièrement que pendant trois » ou quatre mois de chaque année...; qu'une telle interruption, commandée par la nature même des choses, » n'est point de celles qu'a eues en vue l'*art.* 13... »

Or si les usines en dehors du droit commun sont traitées si favorablement par l'arrêt, que serait-ce donc des autres? Nous regrettons donc, comme mesure rigoureuse à l'excès, la jurisprudence qui astreint à nouvelle autorisation toute usine interrompue depuis six mois.

§ IV. — Conséquences légales de l'autorisation.

**492.** Il importe maintenant d'être bien fixé sur les droits résultant de l'autorisation dont nous venons de parler. Cette autorisation donne, il est vrai, à la machine à vapeur ou à l'usine permissionnée une existence légale, mais à la condition d'abord que toutes les conditions prescrites soient observées.

Leur inobservation peut être punie de la suspension temporaire ou définitive de l'exploitation.

C'est le préfet qui prononce cette peine, mais les

infractions sont de la compétence des tribunaux de simple police (arrêt de cassation, 20 février 1830), qui les répriment suivant le droit commun. (Voyez art. 138 d'inst. crim. et 171 dn Code pén.)

Sont compris sous ce nom de contravention : 1° toute négligence à remplir les prescriptions soit des ordonnances générales de police ou autres, soit de l'acte d'autorisation; 2° tout acte défendu par lesdites ordonnances ou autorisations.

493. La légalité de l'existence des usines autorisées suppose encore comme condition essentielle que l'exploitant a fait connaître avec toute la sincérité possible ses procédés nuisibles. Il est évident que s'il avait trompé l'administration, s'il avait mensongèrement annoncé une exploitation différente de celle qu'il pratique, l'autorisation serait comme non avenue, et l'usine suspendue jusqu'à information et autorisation régulière.

Ici se présente une grave question : l'usine pour laquelle on demande l'autorisation, bien que destinée à des produits connus, aura souvent pour but de pratiquer des procédés qu'on a intérêt à tenir secrets ; ce sera, par exemple, une machine à vapeur agissant par des moyens nouveaux qui lui ôtent toute chance d'explosion, toute émanation de fumée, et qui pourra, par suite, rester sans danger au milieu des habitations. Le requérant sera-t-il donc forcé de livrer son secret et de lui donner la grande publicité dont il a été parlé? Mais c'est d'avance ruiner son entreprise; c'est lui créer avant sa naissance des concurrents parmi les industriels déjà organisés ; c'est se jeter soi-même au-devant de ces hommes de mauvaise foi, toujours prêts à s'emparer des procédés des autres. Et puis, encore, où sont les textes

de loi qui exigent ces déclarations explicites dans la demande?

Elles sont exigées, répondrons-nous, par le simple bon sens; autant vaudrait ne pas demander de déclaration des procédés, que de ne pas la demander entière. Vous prétendez fonder une usine dépourvue d'incommodités? prouvez-le par l'exposé des procédés que vous comptez employer. Vous avez, dites-vous, un intérêt capital à les cacher? eh bien! alors, ou trouvez bon que l'autorité administrative vous traite comme les propriétaires d'établissements semblables existant déjà, ou, après avoir annoncé qu'il vous est impossible de décrire vos procédés, justifiez au moins leur innocuité par des expériences et des épreuves qui puissent rassurer l'autorité et lui permettre en connaissance de cause de laisser votre usine au lieu que vous avez choisi; expériences faites devant un petit nombre de représentants de l'autorité administrative, dignes de confiance; expériences enfin qu'il sera possible ordinairement d'entourer de secret, puisqu'il suffira de prouver ce *fait seul que par des procédés particuliers l'incommodité disparait.*

Ajoutons enfin que le brevet garantit au requérant la jouissance exclusive de son procédé; qu'il peut donc le publier sans danger et satisfaire ainsi complétement aux vœux des circulaires ministérielles qui recommandent d'exiger, dans les requêtes, des indications claires, précises et suffisantes des procédés, pour que l'administration soit parfaitement renseignée à leur égard.

494. Mais que décider lorsque l'usinier a mis *toute la bonne foi désirable dans ses déclarations*, et qu'après avoir accepté loyalement les prescriptions et les sacrifices onéreux que l'acte d'autorisation lui impose, il

arrive que ses ateliers n'en sont pas moins nuisibles aux voisins? Devant un tribunal, la question ne saurait, nous le croyons, faire l'objet d'un doute : de nouvelles conditions seront imposées; car l'intérêt légitime que mérite l'industrie et la liberté dont elle jouit en principe, ne peuvent jamais aller jusqu'à permettre qu'elle porte préjudice aux propriétaires, pas plus qu'on ne peut, de sa propre maison, se rendre incommode aux maisons qui l'entourent.

Que si l'usinier se plaint à l'autorité administrative de se voir trompé dans la confiance qu'il fondait sur les prescriptions imposées d'abord, on lui répondra que c'était à lui, homme du métier, plus expert que tout autre, à étudier ses procédés et à trouver les moyens de les empêcher de nuire. Les fonctionnaires du pouvoir administratif, le servant de leur expérience acquise lors des demandes semblables à la sienne, ont bien pu l'aider à compléter les mesures préservatrices qu'il était de son devoir de chercher; mais on peut dire que c'est là une aide toute gratuite et bénévole, et qu'en droit rigoureux l'administration aurait pu rejeter sa demande purement et simplement, comme n'offrant pas les garanties voulues, et sans s'inquiéter de prescrire aucune condition de son choix. Donc si, après l'autorisation, les propriétés voisines éprouvent un dommage, si le repos ou la santé des habitants sont encore menacés, l'autorité administrative conserve le droit d'imposer de nouvelles conditions.

Il existe une autre doctrine moins rigoureuse pour les industriels ainsi trompés dans l'efficacité des moyens propres à prévenir le danger ou l'incommodité de leurs ateliers : elle consiste à dire que ceux-ci, une fois régu-

lièrement autorisés, ne peuvent être supprimés que par voie d'expropriation pour cause d'utilité publique, *moyennant une juste et préalable indemnité.* Nous voudrions pouvoir accepter ce système, que le comité consultatif des arts et manufactures avait embrassé relativement à une raffinerie de sucre, sise à Paris, en se basant sur ce que l'art. 12 du décret de 1815 n'autorisait la suppression sans indemnité que pour les établissements de première classe antérieurs audit décret. (Voyez le Traité de M. Clairault sur les établissements dangereux, p. 305, et Avisse, t. I, p. 228.)

Mais, nous le demandons, est-ce vraiment une manufacture plus ou moins nuisible *à quelques voisins*, qui peut être expropriée pour cause d'utilité *publique*? Sur quels textes de loi s'appuie-t-on pour le prétendre? C'est donc un système sur lequel nous recommandous bien aux usiniers de ne pas compter.

495. L'autorisation n'entrave d'ailleurs aucunement le droit que quiconque trouve dans l'art. 1214 du Code civil, d'obtenir par des dommages-intérêts la réparation du préjudice qu'il éprouve de quelque manière que ce soit.

Ces indemnités et les nouvelles précautions dont parle l'article précédent pourront devenir fort onéreuses pour l'industriel forcé ainsi, ou bien de désintéresser les voisins lésés, et Dieu sait comme le mauvais vouloir et la jalousie les rendent parfois intolérants, ou bien d'acheter leurs propriétés, en payant largement ce qu'on nomme vulgairement *la convenance*, si mieux ils n'aiment porter leurs ateliers en un lieu plus hospitalier ou plus à l'abri de l'exigence des voisins.

Ajoutons que dans la pratique il est rare qu'il faille en

venir à de telles extrémités. Quelques précautions médiocrement coûteuses suffisent ordinairement pour atténuer les causes de préjudice : telles que surélever les cheminées, ventiler par des procédés connus les ateliers, condenser les gaz, garnir et tamponner les appareils incommodes par leur bruit, etc.

D'ailleurs la plus nuisible usine ne manque jamais de jeter dans une contrée une prospérité dont les voisins sont ordinairement les premiers à bénéficier, au risque de quelques inconvénients qu'ils se résignent à accepter.

Toutes ces circonstances sont appréciées par les tribunaux, et leur sagesse tempère ordinairement ce que la rigueur du droit peut avoir de menaçant pour l'industrie.

496. Si les voisins, qu'un établissement incommode ou insalubre vient troubler, ont évidemment le droit d'exiger réparation de leur préjudice éprouvé, il va sans dire que les individus qui viennent s'établir près d'un établissement créé ne peuvent aucunement se plaindre du dommage auquel ils sont venus s'exposer eux-mêmes. *Volenti non fit injuria*, disaient les anciens jurisconsultes.

L'art. 9 du décret de 1810 dit seulement : « Tout individu qui ferait des constructions dans le voisinage des » manufactures ou ateliers après que la formation en aura » été permise, ne sera plus admis à en solliciter l'*éloignement.* » Faut-il conclure de ce texte que c'est l'éloignement seul qu'il ne peut pas requérir ; mais que le droit de demander des indemnités subsiste ? Ce serait contraire à toute équité : demander réparation d'un dommage qu'on est venu chercher !.....

Un manufacturier ira, par exemple, fonder une usine en pleine campagne, loin des habitations, n'ayant autour de lui que des cultures ou des terrains vagues ; auprès

de son usine qui prospère viennent s'établir des marchands de toute espèce, des spéculateurs bâtissent des logements d'ouvriers, des auberges, etc. Ne serait-il pas aussi injuste que désastreux pour l'industrie d'obliger à se mettre en frais, dans leur intérêt, l'usine qui avait dû compter sur son éloignement des centres habités pour conserver sa pleine liberté ?

**497.** La question est délicate toutefois à l'égard des établissements qui se fondent dans les villes et villages, en des localités autour desquelles il n'y a encore que des terrains vagues ou cultivés, mais qui, selon des probabilités raisonnables, se bâtiront un jour. Dans ce cas l'art. 40 de l'ordonnance de 1843 sur les machines à vapeur, dispose en particulier pour ces machines que, si après l'autorisation pour l'établissement des chaudières comprises dans les deux premières catégories dont nous parlerons au n° 506, les propriétaires des terrains contigus font bâtir à moins de dix mètres dans un cas ou cinq mètres dans l'autre, ou bien si ces terrains deviennent affectés à la voie publique, il devra être construit des murs de défense, ainsi qu'il sera expliqué plus tard (506). Là se borne toute prescription ; rien ne concerne le bruit, la fumée ou autre inconvénient. Encore cette prescription du mur de défense n'est-elle pas absolue ; elle dépend des circonstances ; car l'article de l'ordonnance, au lieu de l'exiger impérativement dans tous les cas, dit seulement qu'il *pourra* être imposé sur *la demande* des intéressés, par arrêté du préfet, *sauf recours au ministre.*

Ce mur de défense est, nous le croyons, tout ce que peut exiger de l'usinier le voisin qui vient bâtir auprès de lui. Vainement voudrait-on assimiler l'établissement

à ceux antérieurs au décret de 1810, et qu'on peut supprimer en certains cas (Voy. n° 481). Où en serait l'industrie si les ateliers pouvaient être à perpétuité menacés ainsi dans leur existence? En quel lieu autour des villes et villages aurait-on la certitude de pouvoir élever une usine que des voisins ne viendront pas inquiéter sous prétexte qu'elle empêche la population de s'étendre de son côté. Une usine, avons-nous dit, ne peut pas venir troubler dans leur jouissance actuelle, les individus au milieu desquels elle arrive. Mais la réciproque existe pour elle; elle aussi est une propriété sacrée qui existe en un état, incommode peut-être, qu'on ne peut qu'empêcher de s'aggraver; pour l'état actuel il y a droit acquis. C'était à l'autorité administrative à entrevoir l'avenir de ces terrains vagues dépréciés à jamais, lorsqu'elle a autorisé l'établissement; elle eût pu du moins imposer comme condition au manufacturier qu'il déplacerait son usine ou préviendrait les causes d'insalubrité dès que les terrains environnants se bâtiraient. L'usinier aurait vu alors s'il devait persévérer ou établir son usine au lieu dont on menace de le chasser un jour, ou s'il ne devait pas la reculer loin des centres habités.

498. *Les additions* qui se font à l'usine, une fois que des habitations seront venues se bâtir auprès d'elle, sont évidemment régies par d'autres principes : il n'y a plus de droits acquis par l'industrie; et pour les voisins, ces additions à l'état primitif sont absolument dans le même cas qu'une usine qui vient se fonder auprès de personnes dont il n'est jamais permis de rendre la condition plus mauvaise qu'elle n'était antérieurement. Si donc ces additions causent un préjudice, il faut qu'il y soit remédié et apporté réparation.

## SECTION QUATRIÈME.

### INSTALLATION DES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.

Dans une machine à vapeur établie à demeure pour mouvoir des outils, métiers, pompes, monte-charges ou appareils quelconques, il faut distinguer : le générateur de vapeur, la machine proprement dite, la transmission de mouvement et le service des eaux d'alimentation ou d'éjection.

#### § I. — Installation des générateurs de machines fixes et de leurs dépendances.

499. Outre les règles générales à tous générateurs, il en existe quelques-unes spéciales à ceux des machines fixes; et d'abord nous avons mentionné un grand nombre d'accessoires de chaudières. Les ordonnances et règlements administratifs n'en prescrivent que six, savoir : les soupapes de sûreté, le manomètre, la pompe alimentaire, un flotteur à sifflet ou cloche d'alarme, un tube et des robinets-jauges. (Ordonnance du 22 mai 1843; instructions ministérielles des 22 et 23 juillet 1843, avec ses annexes.)

Les *soupapes de sûreté* (224) doivent être au nombre de deux sur chaque chaudière, une vers chaque extrémité; l'administration n'admet pas qu'on les charge autrement qu'à l'aide d'un poids au bout d'un levier.

Le *manomètre* doit appartenir à un système approuvé par l'administration. Celui qu'elle préfère, et qu'elle exige même pour les chaudières installées dans les habitations, est le manomètre à air libre. Elle admet cependant aujourd'hui plusieurs systèmes dont la sécurité est recon-

nue, tels que les manomètres métalliques de *Bourdon* et de *Desbordes;* mais elle prescrit qu'ils soient munis d'un ajutage propre à recevoir de suite l'application d'un *manomètre-étalon* que porte avec lui l'ingénieur des mines chargé de l'inspection des machines à vapeur.

On exige toujours, en outre, que le tuyau amenant la vapeur au manomètre soit directement adapté sur la chaudière, que le manomètre lui-même soit constamment en vue du chauffeur dans la chambre de la chaudière, et que la pression qu'on ne peut dépasser soit très-visiblement marquée sur l'échelle.

500. L'*appareil alimentaire* pour entretenir le niveau d'eau dans la chaudière est encore un de ceux qui fixent particulièrement l'attention des agents de l'autorité. Il n'est prescrit aucun système particulier. Mais l'ingénieur des mines a la mission de condamner sévèrement ceux qui ne présenteraient pas toute garantie de bon service. Dans tous les cas on exige que l'appareil alimentaire puisse fournir en un temps donné, un volume d'eau notablement supérieur à celui qui se consomme en vapeur, et qu'il soit tracé, sous les yeux du chauffeur, une ligne très-apparente, correspondante à une élévation du niveau d'eau de 10 *centimètres au-dessus* de la surface de chauffe.

501. Les *indicateurs* du niveau d'eau exigés sur les machines fixes sont le flotteur, les tubes et les robinets.

Le *flotteur d'alarme* doit pouvoir jouer dès que le niveau de régime descend au-dessous de 5 centimètres, et il faut que le sifflet, ou cloche d'avertissement, ait assez de puissance pour éveiller l'attention à une grande distance, afin que si le chauffeur est absent, le propriétaire ou le contre-maître de la manufacture, prévenu par le

premier venu, puisse aviser. Il est recommandé au propriétaire de fréquemment s'assurer par lui-même que l'appareil est en état. Quant au chauffeur qui, dans la crainte d'être pris en faute, ne laisserait pas le sifflet à même de jouer, sa culpabilité est des plus grandes; en cas d'accident, sa punition devant les tribunaux sera certainement sévère.

Le *tube-jauge* et les *robinets-jauges* ne sont l'objet d'aucune autre prescription que celle d'être placés en vue du chauffeur et à des endroits différents. La négligence à les maintenir en bon état de service est recommandée à toute la sévérité des agents de l'autorité.

502. Outre les accessoires de chaudière exigés par l'autorité, il en est six que toute chaudière bien organisée doit, selon nous, posséder, savoir: un régulateur du tirage, des robinets de vidange, un bouchon fusible, des bouchons et regards de lavage, un trou d'homme et un petit cheval.

Le *régulateur du tirage* (207) est de la plus haute importance pour les chaudières d'usines, où il y a nécessairement un travail variable et pourtant une vitesse uniforme à fournir, ainsi que des temps d'arrêt, pendant lesquels il faut faire dormir le feu sans l'éteindre; un registre à la base ou au sommet de la cheminée, plus une porte au cendrier, sont les appareils les plus usités et les plus utiles dans le but que nous signalons.

Sans les *robinets de vidange* (223), qu'on fait jouer de temps en temps, il est impossible de maintenir propre et en service continu une chaudière dont le chômage doit toujours être rare, sous peine de causer un grand préjudice à l'usine, privée ainsi de son moteur.

Le *bouchon fusible*, recommandé au n° 227, n'est nulle

part peut-être aussi utilement placé que dans les chaudières d'usines, où les générateurs sont, en fait, moins surveillés, et cependant des plus redoutables en cas de manque d'eau.

Les *bouchons* et *regards de lavage* (229), ainsi que le *trou d'homme* (230), sont des accessoires de chaudière que n'omet pas un constructeur qui se respecte; nous avons dit assez combien il importe qu'un générateur de machine fixe puisse être, avec la plus grande facilité, entretenu propre et visité en peu de temps.

Le *petit cheval* (231) est une petite pompe à vapeur qui s'adapte aujourd'hui à toute chaudière pour l'alimenter aux heures de chômage, sans être forcé de maintenir en jeu la machine principale.

Il en existe chez tous les constructeurs des systèmes si commodes et si peu coûteux, qu'on ne saurait trop engager les propriétaires d'usines à les adapter à leurs générateurs. Qu'ils se rappellent que c'est, à la reprise du service, faute d'avoir pu alimenter facilement pendant les arrêts, que la plupart des explosions surviennent.

503. Quant à l'*installation proprement dite* des générateurs de vapeur, tantôt on les place, ainsi que leur fourneau, dans une fosse creusée en terre, tantôt on les édifie sur le sol lui-même, de plain-pied avec les bâtiments de l'usine. Le premier système est ordinairement plus dispendieux, mais il est plus commode pour surveiller les appareils de sûreté; en cas d'explosion les massifs latéraux retiennent la projection des éclats par côté; enfin il existe plus de différence de niveau entre la grille et la cheminée sans qu'il soit besoin de trop surélever cette dernière.

L'édification des générateurs à fleur de sol est plus

simple ; elle est seule possible dans les localités où on ne peut descendre au-dessous du sol sans trouver l'eau. En tous cas, elle économise l'espace qui est nécessaire dans la fosse devant les foyers pour les desservir.

Cet espace est pris sans difficulté sur l'allée de service des ateliers, pourvu, bien entendu, que ce ne soit pas une allée publique. L'abord des chaudières est en outre plus facile.

**504.** On a vu au n° 167 *quelles dimensions* les chaudières recevaient communément pour pourvoir aux besoins des machines fixes; nous ajouterons une recommandation des plus importantes à la régularité de leur service. Tous les chefs d'usine à vapeur qui entendent bien leurs intérêts, non-seulement divisent en plusieurs groupes de chaudières, faciles à isoler les unes des autres, la vaporisation demandée, mais ils ont un générateur de supplément, de manière à n'être jamais arrêté par les nettoyages ou réparations. Ainsi deux chaudières sont-elles nécessaires pour fournir la vapeur à la machine? ayez-en trois. C'est un surcroît de dépense, sans doute, mais c'est une de ces dépenses devant laquelle on ne recule pas dans une exploitation largement comprise.

On peut aussi, surtout pour les petits appareils, au lieu d'ajouter un générateur supplémentaire, se contenter de donner aux proportions de chacun des générateurs ordinaires beaucoup plus que ne demande le service courant, de manière à ce qu'en cas de besoin, on puisse obtenir d'un seul toute la vaporisation que fournit habituellement les deux, en se contentant de le forcer un peu.

Dans les grands appareils le générateur supplémentaire est bien plus avantageux.

**505.** *La place des chaudières* dans les ateliers et usines,

*la distance* à laquelle on doit les éloigner des bâtiments, et *leur logement* lui-même, sont réglementés par l'ordonnance du 23 mai 1843, ainsi qu'il suit :

A l'égard des chaudières multiples, c'est-à-dire divisées, comme nous venons de le dire, en plusieurs corps distincts, l'ordonnance de 1843 exige (art. 32) qu'elles puissent être rendues parfaitement indépendantes, alimentées séparément, et toutes également munies de leur série d'appareils de sûreté.

Les chaudières, suivant leur dimension et leur pression intérieure, forment quatre classes, d'après la valeur numérique du produit V×P, dans lequel :

V est le volume en mètres cubes de la chaudière, y compris les bouilleurs ;
P est la pression intérieure de la vapeur, évaluée en atmosphères.

Ainsi, soit une chaudière ayant avec ses bouilleurs 12 mètres cubes, fonctionnant sous 5 atmosphères de pression : le produit sera 12×5 = 60.

506. Ceci posé, voici la formation des catégories et les précautions à prendre pour les chaudières qu'elles renferment.

1re Catégorie. — *Chaudière où* VP = 15 *et au-dessus.* C'est le cas des plus grandes chaudières ; elles doivent être dans un bâtiment distinct des ateliers et éloignées des habitations ou de la voie publique, à une distance que l'ordonnance fixe à 5 mètres seulement quand la chaudière est enfoncée dans le sol, et à 10 mètres dans le cas contraire. Quand, pour des raisons particulières, cette distance n'est pas observée, le générateur doit être entouré par un mur de défense épais de 1 mètre, distinct du mur du fourneau et séparé de lui par un espace libre

de $0^m.50$. Enfin, le bâtiment où se trouve la chaudière doit être légèrement couvert, sans liaison avec les autres bâtiments, pour que ceux-ci n'aient pas à souffrir en cas d'explosion.

Tel est le principe général de l'ordonnance. Mais le préfet peut y déroger sur la demande de l'usinier, s'il est nécessaire. C'est ainsi qu'on autorise dans les forges et les ateliers de construction de machines, les chaudières pour utiliser la chaleur perdue des fours à puddler ou à souder. Le préfet règle alors les précautions à suivre sur le rapport de l'ingénieur des mines.

2e Catégorie. — *Chaudière où le produit* VP = *de 7 à* 15. Moins dangereuses par leurs dimensions, elles exigent moins de précautions; elles peuvent être, en règle générale, placées dans les ateliers, pourvu qu'ils ne soient pas à plusieurs étages. Le mur de défense exigé dans la 1re catégorie n'est requis que si la chaudière, élevée d'ailleurs au-dessus du sol, est à moins de 5 mètres des habitations ou de la voie publique.

3e Catégorie. — *Chaudière où le produit* VP = *de 3 à 7*. Le mur n'est plus exigible comme dans les deux cas précédents. Mais l'interdiction de placer la chaudière dans les maisons habitées ou dans les ateliers à plusieurs étages subsiste. La distance à laisser entre eux égale seulement de 0,50 à 1 mètre. On doit observer la même distance à l'égard des propriétés voisines.

4e Catégorie. — *Chaudière où le produit* PV = 3 *seulement*. Il est laissé liberté entière à leur égard; mais il faut, comme dans le cas précédent, les tenir à 50 centimètres des propriétés voisines.

Il est en outre exigé que ces chaudières, comme toutes celles qui sont exceptionnellement autorisées à rester

dans les ateliers, ne soient jamais couvertes que de matériaux légers, dont la projection, en cas d'explosion, ne soit pas trop dangereuse. Lorsqu'on les recouvre de briques pour éviter la déperdition de chaleur, l'ordonnance de 1843 (art. 45) ne permet pas à cette enveloppe d'excéder 1 décimètre, c'est-à-dire qu'il ne peut y avoir plus d'un rang de briques de champ, ou deux rangs de briques de Paris posées à plat.

Telles sont les prescriptions relatives à l'emplacement des chaudières installées depuis 1843. Quant à celles qui sont antérieures à l'ordonnance du 22 mai, l'article 76 porte qu'on a dû continuer à les tolérer, bien entendu aux mêmes conditions que celles qu'on a vues au n° 481.

Néanmoins, s'il y a danger imminent, le préfet, sur le rapport de l'ingénieur délégué, et après avoir entendu le propriétaire de l'établissement, peut prescrire tout ou partie des mesures qui précèdent.

507. *L'approvisionnement du combustible à l'approximité des portes de foyer* est une condition fort importante dans l'installation des chaudières. Si elles sont à fleur de sol, une aire, c'est-à-dire un vaste espace libre, couvert et dallé ou pavé, doit exister à 2 ou 3 mètres devant les portes de foyer ou par côté pour déposer le combustible; on l'y entasse comme il est dit au n° 134; pour éviter les soustractions, on l'entoure d'un treillage ou d'une cloison, en ne conservant que l'ouverture dont le mécanicien a besoin pour amener son combustible vers le foyer à la pelle ou à la brouette.

Lorsque la chaudière est en fosse, le combustible se place dans des *soutes* ou magasins fermés, creusés eux-mêmes en terre à côté des chaudières et munis de deux ouvertures, l'une en bas, le plus près possible des portes

de foyer : c'est par là que le chauffeur puise avec sa pelle pour charger le feu ; l'autre ouverture est à fleur de sol : c'est par là que les tombereaux de combustible viennent se décharger. Il importe que celui-ci descende dans la soute par un plan incliné, afin de ne pas se briser en menu dans sa chute.

508. L'*aérage ou ventilation et l'éclairage* de la chambre des chaudières est encore un point bien essentiel ; faute d'aérage, l'air ambiant appelé dans le foyer est trop dilaté et trop pauvre en oxygène sous un volume donné. Or il est ainsi peu propre à la combustion (voyez n° 98).

Cette nécessité d'éclairer et ventiler la chambre, et de la pourvoir d'un accès facile, est en outre nécessaire au point de vue de l'humanité : il y a des générateurs placés dans des caves obscures, étroites et sans autre issue qu'un soupirail muni d'une échelle, où le mécanicien souffre tellement, qu'il peut à peine y demeurer le temps nécessaire pour donner aux foyers les soins voulus, et d'où il ne peut guère s'échapper dans les cas d'accidents, rares sans doute, mais possibles, où il lui est permis de sauver sa vie après avoir fait tout ce qu'il a dû pour conjurer un sinistre.

L'emplacement des chaudières a fixé, nous l'avons vu au n° 506, l'attention de l'autorité administrative, mais les prescriptions de l'ordonnance de 1843 sont relatives, moins à la santé du chauffeur qu'à la sécurité des voisins.

509. L'*absence de fumée* est une condition nouvellement imposée aux machines à vapeur, à Londres, à Paris et peut-être bientôt dans d'autres localités. A Paris, une ordonnance de police du 11 novembre 1854, rendue sur le rapport de la Commission d'hygiène publique, en date

du 9 juin 1854, prescrit à toute machine à vapeur de brûler *complètement* sa fumée, sinon d'employer des combustibles exempts de fumée ou à peu près, tels que le *bois* ou le *coke*. Cette dernière exigence porterait évidemment à l'industrie parisienne un coup mortel. Lorsque le bois, combustible si peu chaud d'ailleurs (125), manque, lorsque toutes les industries qui employaient jusqu'ici le coke travaillent à s'en passer, et n'en peuvent presque plus trouver, où serait-on conduit si l'immense consommation des machines à vapeur n'avaient plus que de telles sources d'approvisionnement? Autant vaudrait chasser de Paris la presque totalité de ses 1200 usines à vapeur avec leur personnel d'ouvriers.

Mais ne peut-on pas employer économiquement la houille sans projeter par la cheminée une masse de fumée dont l'incommodité n'est pas douteuse? Tel est le problème que la science doit chercher à résoudre.

La fumée, avons-nous dit au n° 110, est formée par une masse de molécules charbonneuses non brûlées et entraînées hors des foyers avec les produits gazeux de la combustion. Brûler la fumée n'est donc en réalité pas autre chose que consommer et utiliser tout le combustible; pour cela, ce qu'il faut consiste à lui amener assez d'air, et à faire en sorte que la réaction de l'oxygène de l'air et du carbone soit exposée à une température suffisamment élevée, et que le mélange ait le temps de se faire. Développez dans le foyer beaucoup de chaleur sans air, ou bien amenez beaucoup d'air dans un foyer refroidi par l'introduction du combustible froid chargé sur la masse incandescente, le combustible ne se brûlera pas, et les parcelles les plus légères seront emportées dans la cheminée sous leur forme de fumée.

On comprend donc qu'en donnant de vastes grilles pour étaler le combustible sur une faible épaisseur, en n'activant pas trop l'appel d'air de la cheminée, en chargeant à la fois peu de combustible froid, en évitant de couvrir la masse incandescente, enfin en disposant d'avance, à l'entrée du foyer, la houille qu'on se propose ensuite d'étendre sur la grille, de manière à ce que la fumée dégagée se soit brûlée en passant sur le combustible embrasé; on comprend, dis-je, qu'avec ces précautions la fumée dégagée par la cheminée, sera réduite à presque rien.

510. Mais *pour la brûler entièrement*, on a proposé en Angleterre et en France une multitude de procédés plus ou moins pratiques qu'on trouvera décrits, notamment dans les Bulletins de la Société d'encouragement de l'année 1855. Ils sont souvent l'objet de brevets d'invention, quoique plusieurs ne fassent que reproduire des systèmes depuis longtemps connus. Ils reposent en général sur l'un des principes suivants :

1° Charger le combustible frais sous le combustible incandescent au moyen d'un mécanisme ajouté au foyer. C'est ce principe que l'*appareil Dumery* réalise avec tout le succès désirable, au point de vue de la consomption de la fumée. (Voyez le Mémoire de M. Dumery à la Société des ingénieurs civils de Paris et à la Société impériale d'encouragement en 1855, et les discussions qui s'en sont suivies.)

2° Faire arriver peu à peu la houille dans le foyer, afin qu'elle y projette doucement ses gaz comme par l'effet d'une distillation, sans refroidir la masse incandescente. Tel est le but des grilles mobiles de *Taillefer*, *Bodmer*, etc....., de la grille à gradins de *Marsilly* et

*Chobrzinski*. (Voyez Procès-verbaux de la Société des ingénieurs civils de Paris en 1854.)

3° Faire passer la fumée dégagée du foyer ordinaire dans un autre foyer en pleine incandescence, où se brûlent les particules charbonneuses sorties du premier. Ce résultat a été obtenu en divisant le foyer par une cloison transversale, comme dans les locomotives à bouilleurs en travers qu'on a construites il y a quelques années, soit à l'aide de deux foyers adjoints ou superposés qui se chargent au coke. M. Beattie, sur le South-Western railway (Voyez Technologiste de 1855), a employé ce système avec succès.

4° Conduire les gaz de la houille et leur courant noircis de particules charbonneuses non brûlées, dans une chambre dite de mélange qui précède les tubes ou carneaux, et dans laquelle se rend un courant d'*air chaud très-divisé* arrivant du dehors à *contre-courant* de la flamme.

5° Convertir en oxyde de carbone plus ou moins mélangé d'hydrogène carboné le combustible chargé dans le foyer, et l'envoyer dans les tubes avec un courant d'air chaud qui se mêle à l'oxyde de carbone, et où ils se convertissent ensemble en acide carbonique avec production de chaleur. C'est l'idée de *Lebon*, le premier inventeur de l'éclairage et du chauffage au gaz (1).

Parmi les appareils récents qui sont fondés sur l'application de ce principe, nous nommerons le système *Beaufumé* et le système *Molinos*. (Voyez les Comptes rendus de l'exposition de 1855, et mémoire à la société des ingénieurs civils, 1856.)

---

(1) Voyez la Notice sur M. Lebon, par M. Gaudry père, son neveu (*Journal de l'invention*, de Gardissal, année 1846).

511. Nous avons vu essayer sous nos yeux un grand nombre d'appareils fumivores. Mais les résultats ont été en général très-contradictoires. A côté de succès incontestables, nous avons vu qu'il suffisait parfois d'un faible changement dans la nature du combustible et les conditions du travail, pour faire reparaître la fumée et annihiler les économies promises.

Nous recommanderons donc aux propriétaires d'usines de ne négliger aucune garantie dans leur traité avec les auteurs de fumivores auxquels ils croiront devoir donner la préférence. Nous les engagerons en général à se défier des fumivores mécaniques, sans cependant les rejeter absolument; la plupart n'atteignent le but proposé qu'à l'aide d'appareils compliqués, délicats, sujets à se détruire, coûteux et longs à réparer, et par conséquent peu pratiques.

Il n'est pas possible que tant d'intelligence étant excitée à résoudre le problème posé par l'ordonnance de 1854, il ne sorte pas prochainement de ce travail un système de tout point satisfaisant.

§ II. — Installation de la machine.

512. L'*emplacement* de la machine dépend des circonstances. Autant que possible elle doit être dans une chambre spéciale, fermée, à l'abri de la poussière et des ébranlements de l'atelier. Il doit être sévèrement défendu d'y toucher à tout autre que le mécanicien chargé de la conduire.

Il importe que les cylindres, tuyaux de vapeur, tiges de piston, soient dans un local chaud, à l'abri de la pluie et du contact immédiat de l'air froid du dehors, autre-

ment il en résulterait des condensations de vapeur dans les cylindres ou conduits. On ne saurait trop recommander cette précaution.

Le poids et l'espace étant rarement limités, on prendra soin aussi d'envelopper tous ces conduits à l'aide de matériaux mauvais conducteurs du calorique, et même par des doubles cylindres remplis de vapeur.

Le condenseur ayant au contraire besoin d'être dans un milieu frais, devra toujours être placé sous le sol dans une sorte de cave bien ventilée et dans une bâche d'eau froide s'il se peut. Watt avait merveilleusement su réunir toutes ces conditions dans sa machine.

513. L'*assise* de l'appareil moteur *sur une base rigide* est, on l'a vu au nº 502, un de ses premiers besoins. Mais dans les manufactures où la force motrice se communique en général à de nombreux outils par un arbre de transmission, il importe d'abord que cet arbre conserve une symétrie parfaite avec l'arbre moteur de la machine, et, pour cela, la première règle est de fixer la machine sur des fondations d'une invariable rigidité.

Les meilleures fondations sont en pierres de taille, descendues en terre, jusqu'à un sol solide soit par sa nature soit à l'aide de pilotis ou d'un bétonnage; de forts boulons de scellement, engagés très-solidement dans la pierre et faisant pour ainsi dire corps avec elle, servent à y fixer le bâtis de la machine.

On admet comme règle que le massif de maçonnerie doit avoir un poids au moins égal à la somme des actions mécaniques développées dans le mouvement de l'appareil, et qui tendent à le soulever.

514. La *pierre de taille seule convenable aux fondations* de machines doit être homogène, dure tout en se lais-

sant percer pour le passage des boulons de scellement, tirée hors carrière et à l'air depuis plusieurs semaines; ébousinée, c'est-à-dire délivrée de la couche tendre et terreuse qui l'enveloppe souvent; non gélive, c'est-à-dire capable de résister sans s'exfolier à la gelée et à l'humidité; enfin elle doit être posée dans le massif comme dans son *lit de carrière*.

Les fondations ne se composent, s'il se peut, que d'une seule pierre de taille. Si cela n'est pas possible, les diverses pierres se lient, avec grand soin, au mortier de chaux récemment éteinte et sable de rivière premier choix; puis, s'il est nécessaire, on entoure le massif de frettes en fer à vis, ou posées à chaud sans vis.

515. Les maçonneries, surtout quand elles sont neuves, n'échappent presque jamais au *tassement* ou affaissement sur elles-mêmes; donc il faut, s'il se peut, attendre quelque temps avant de poser la machine, pour que le premier tassement s'opère. Ajoutons qu'est vicieuse toute installation de machine dont les diverses parties ne sont reliées entre elles que par la maçonnerie des fondations et des murs latéraux; de leur tassement résulte tôt ou tard un dérangement de montage.

Le meilleur système d'assise est celui dans lequel le massif de pierre de taille ne sert qu'à porter une table ou un cadre de fonte, dit *plaque de fondation*, sur lequel sont édifiées d'une manière invariable toutes les parties du mécanisme, en sorte que le tassement n'en puisse déranger la symétrie.

Enfin il importe d'isoler les fondations des murs de bâtiments environnants, afin que leur tassement ne s'ajoute pas à celui des fondations elles-mêmes.

Réciproquement, on évitera autant que possible d'ap-

puyer la machine contre les bâtiments voisins, de peur que ses ébranlements ne se communiquent à eux et ne les fassent lézarder.

516. Terminons ce qui regarde les maçonneries en prémunissant les propriétaires de manufactures contre une surprise dont ils peuvent être l'objet quand ils achètent une machine à vapeur. Un fabricant peu consciencieux leur fera remarquer qu'elle renferme peu de fonte et qu'elle est par suite peu coûteuse; mais lorsqu'il s'agit de la mettre en place, on reconnaît que l'économie porte sur l'absence des base et supports nécessaires, et qu'il faut leur consacrer d'énormes massifs de pierre, faisant monter le prix de l'appareil à un prix bien plus haut que celui qu'on eût payé pour une machine avec ses bâtis complets en fonte. Nous ne prétendons pas donner ici la préférence aux bâtis de fonte ou de pierre, nous ne voulons qu'avertir le manufacturier de calculer, quand il commande une machine à vapeur, ce que l'on devra lui ajouter en frais de maçonnerie.

517. Enfin, *pour compléter l'aménagement* de la chambre de la machine, on aura soin de l'éclairer, de ménager tout autour de la machine des passages, d'entourer de rampes ou mains-courantes les endroits dangereux, tels que les fosses où jouent les manivelles, volants et engrenages; afin que l'inspection du mécanisme puisse se faire à tout instant sans aucune crainte, et au besoin par le premier venu, en l'absence du mécanicien.

L'*éclairage* par des croisées à vitres, sur le côté, vaut mieux que les toitures vitrées. Celles-ci laissent trop souvent passer l'eau en temps de grande pluie, surtout dans les usines où les ébranlements et projections de matériaux cassent à chaque instant les vitres; la pluie tombe alors

sur la machine, la rouille et rend son entretien difficile.

Il est nécessaire aussi qu'une ou plusieurs des croisées puissent s'ouvrir et permettre de ventiler la chambre de la machine ; car si la grande chaleur que les conduits de vapeur y rayonne est favorable à la machine elle-même en temps ordinaire, elle rend intolérable le séjour dans la chambre pour le mécanicien quand il a à lui donner des soins prolongés.

La sécurité réclame encore que les *volants et gros engrenages rapides* soient renfermés *dans une cage* en forts madriers, pour arrêter au moins leurs plus grands fragments dans leur projection en cas de rupture ; autrement ces fragments sont lancés au loin, et il en résulte presque toujours de véritables désastres. (Voyez sur ce sujet la note de M. Hoffmann, *Technologiste* de 1855.)

518. Enfin l'*outillage* servant à la conduite, c'est-à-dire les clefs pour le serrage des écrous, les massettes pour l'enfoncement des clavettes, les burettes de graissage, les matériaux à garnir les joints, doivent être disposés sous la main, classés par série, de manière que le mécanicien conducteur puisse les prendre sans délai au premier besoin.

Ceux de ces outils qui peuvent s'accrocher se pendent à des crampons en fourchette contre la muraille, à hauteur d'homme ; les autres objets se déposent sur des planches en étagère. Les objets d'approvisionnement et de réparation seuls, peuvent être mis dans des armoires ; les burettes de graissage, les clefs et massettes doivent être le plus sous la main qu'il se peut faire, et toujours classés dans leur ordre.

519. Conformément à l'art. 77 de l'ordonnance de 1843, il a été rédigé *une instruction ministérielle*, en date du

23 juillet 1843, sur l'emploi et la direction des machines et chaudières à vapeur. Le même art. 77 exige que cette instruction soit *affichée* dans la chambre de la machine, de manière à ce que le mécanicien puisse la lire souvent. L'ingénieur des mines chargé de la surveillance des machines à vapeur dans la localité, est chargé d'indiquer aux propriétaires d'usines les moyens de se la procurer. Nous ne la reproduisons pas, parce qu'elle ne contient rien que nous n'ayons recommandé déjà en divers endroits.

### § III. — Installation de la transmission de mouvement.

**520.** Bien que l'arbre de transmission qui communique le mouvement du moteur à la manufacture ne fasse pas, à proprement parler, partie de la machine à vapeur, elle a tant d'influence sur celle-ci, qu'il est nécessaire d'en dire ici quelques mots.

C'est un fait bien connu qu'il y a une considérable perte de force motrice dans cette multitude d'arbres, d'engrenages, de poulies et de paliers dont se compose une transmission de mouvement dans les usines. Leur assemblage est souvent négligé, la position des axes déviée, les huiles et graisses de lubrification épaissies, les articulations engorgées de poussière et de cambouis, les engrenages remplis de chocs par usure, bris ou défaut d'ajustage.

Le général Morin, dans une expérience à la manufacture d'armes de Châtellerault, a reconnu que sur 1070 kilogrammètres développés par le moteur, il n'y en avait que 785 utilisés réellement, à cause du frottement des cames, tourillons, etc. Dans un autre cas, les résistances passives du moteur et de la transmission absorbaient

jusqu'à 5 chevaux sur 15. Enfin, un bobinoir à laine, expérimenté par M. Lapointe, a dépensé $2^{ch},21$, dont le tiers pour la transmission seule. Ces exemples n'offrent rien que de très-habituel.

521. On voit donc de quelle importance il est de soigner l'installation des transmissions de mouvement, et de ne pas perdre de vue les six principes suivants :

1° Comme il est impossible que le parallélisme des arbres d'une transmission se maintienne d'une manière assurée, quelque bien posée qu'elle ait été originairement, et ce à cause du tassement des maçonneries, du jeu des charpentes et de l'usure des coussinets, il faut que les supports, chaises ou paliers, soient munis de coins ou d'écrous de serrage, propres à ramener les arbres à leur place, quand, à l'aide du niveau à bulle d'air, des fils à plomb et des cordeaux tirés de temps à autre, on reconnaît qu'ils sont dérangés.

2° La transmission doit être aussi simple que possible, c'est-à-dire ne comprendre que les arbres, paliers, roues, tambours, poulies et engrenages strictement nécessaires.

3° Les arbres doivent être assez forts et les paliers assez rapprochés pour que les premiers n'éprouvent aucune flexion ni aucun fouettage.

4° Il faut éviter de donner trop de longueur aux arbres pour ne pas faciliter leur torsion.

5° Les paliers et les articulations doivent être à l'abri de la poussière et nettoyés souvent, afin que l'huile et les graisses ne se convertissent pas en cambouis. Le graissage et l'entretien des coussinets doivent être soignés.

6° Il importe que la transmission puisse être aisément visitée et entretenue, qu'il y soit préposé un employé spécial chargé de l'inspecter et d'en prendre soin; enfin

qu'il soit établi, au niveau de l'arbre, une galerie où puisse sans danger circuler, soit cet agent spécial, soit le propriétaire venant y donner son coup d'*œil du maître.* Ce sont là des précautions qui se traduiront certainement en fin de compte par de notables économies de force motrice, et qui ont été malheureusement trop négligées jusqu'ici.

522. Dans l'installation d'une transmission nous recommderons encore, comme mesure de sécurité, de placer un *débrayage* le plus près possible du moteur, à la disposition du mécanicien, afin qu'il puisse faire les manœuvres et essais recommandés aux n$^{os}$ 337 et 340, sans être obligé de mouvoir toute la manufacture.

On installe en outre un ou plusieurs débrayages dans les ateliers à la portée de toute personne présente, soit pour arrêter le mouvement en cas d'accident, par exemple s'il se manifeste une rupture ou si un ouvrier se laisse prendre dans les rouages, soit pour supprimer le mouvement dans une partie de l'usine qui doit chômer : il serait alors bien inopportun de continuer à mouvoir toute la transmission.

C'est encore pour cette raison qu'il est très-vicieux, du moins dans les grandes usines, de placer le moteur à l'un des bouts d'un long arbre de transmission, toute la manufacture prenant son mouvement sur ce seul canal de force motrice. Un industriel prévoyant divisera la prise de force des appareils à mouvoir sur plusieurs arbres également commandés par la machine installée au fond de l'atelier, ou bien, ce qui revient au même, sur un seul arbre commandé en son milieu par le moteur et susceptible de se diviser en deux parties faciles à isoler l'une de l'autre à l'aide d'un débrayage.

### § IV. — Service des eaux.

523. Les machines à vapeur consomment, on l'a vu aux nos 80 et 275, une grande quantité d'eau. On a vu également, au no 281, qu'une partie de cette eau est évacuée hors de la machine et rejetée, en général, à l'état d'eau chaude. Où peut-on rejeter cette eau ? où a-t-on pu la prendre ? A-t-on pu prendre toutes les eaux qu'on trouve dans son voisinage ? Comment l'approvisionnement et l'écoulement de cette eau doivent-ils être ménagés dans les usines ?. Telles sont les questions importantes que nous ne pouvons suivre dans tous leurs détails, mais que nous allons cependant passer en revue dans ce paragraphe, car l'usage des eaux est encore une des plus fécondes sources de procès pour les manufacturiers imprudents qui n'ont pas d'avance connu leurs droits.

#### 1° Organisation des appareils pour l'approvisionnement d'eau d'alimentation et de condensation, dans les usines.

524. La première condition est que la provision d'eau nécessaire au service de la machine *soit assurée* de manière à ne jamais faire défaut, qu'elle excède même notablement la quantité voulue, et que le mécanicien n'ait pas à s'en mettre en souci.

On a vu de quelle importance il était que l'eau d'alimentation fût exempte de vase, de sels cristallisables ou de principes corrosifs. Bien que les générateurs d'usines, par leurs formes simples et vastes, soient plus compatibles que tous autres avec l'emploi des procédés anti-incrustants (77 et suiv), on a vu que ce n'est qu'en désespoir de cause qu'il faut avoir recours à eux.

Quant à la qualité et à la composition des eaux, nous ne pouvons que renvoyer aux nos 72 et suiv.)

525. Nous conseillons en second lieu de ne jamais prendre l'eau d'une source, d'un étang, d'une rivière, etc., pour l'envoyer *directement* dans la chaudière, car il est impossible que cette eau ne soit pas de temps en temps rendue vaseuse par beaucoup de circonstances accidentelles. On exposerait en outre les pompes alimentaires à aspirer, avec l'eau, des cailloux ou divers détritus capables de les engorger, si même ils ne sont pas envoyés dans la chaudière. Conduisez donc toujours l'eau dans une bâche ou réservoir, au fond duquel les corps étrangers se déposent, et où l'appareil alimentaire puise pour ainsi dire de seconde main.

526. Pour l'*installation du réservoir*, il faut distinguer entre les générateurs dépendant de machines à condensation et ceux qui desservent des machines sans condensation ; il faut distinguer aussi les petits et les grands réservoirs.

Les *petites machines* à condensation sont, comme dans le type classique de Watt, pourvues d'une bâche d'eau froide dans laquelle plonge l'appareil condenseur. Elle est remplie à l'aide d'une pompe spéciale, qui puise ordinairement l'eau dans un puits voisin, et que le constructeur a dû disposer de manière à arrêter les corps étrangers. Une partie de cette eau est injectée dans le condenseur, le reste s'écoule au dehors ou rentre dans le puits. L'eau retirée du condenseur est à son tour reçue dans un réservoir qui fait partie de la machine, et c'est dans ce réservoir que puise l'appareil alimentant le générateur.

527. L'installation des réservoirs devient fort compli-

quée s'il s'agit de *puissants appareils* demandant une grande quantité d'eau, et même pour les petites machines *quand l'eau est rare* et qu'il y a nécessité de la conserver pour resservir à la condensation indéfiniment, à mesure qu'elle est refroidie. On creuse alors dans le sol, à proximité de la machine et de la chaudière, au moins trois grands réservoirs parfaitement cimentés partout, souvent même doublés en tôle ou en zinc et entourés d'un rebord pour que rien n'y puisse tomber, pas même les écoulements d'eau de pluie, qui pourraient charrier avec eux des corps étrangers.

Cette eau de pluie est elle-même d'une pureté voisine de l'eau distillée ; loin de la perdre, il faut tout faire pour la recueillir, mais dans un réservoir spécial, au fond duquel les corps étrangers se déposent avant qu'on ne l'emploie.

Quant aux réservoirs où se déverse l'eau de condensation, nous en avons demandé trois, parce que, pendant que l'un de ceux-ci reçoit l'eau chaude sortant de la machine, l'eau du second réservoir se refroidit ; dans le troisième elle est assez froide pour être employée à la condensation. Quand le premier réservoir est plein, le troisième est ordinairement vide ; alors on laisse refroidir le premier, on emploie l'eau du second, on reçoit dans le troisième l'eau de condensation, et ainsi de suite. Des vannes permettent au mécanicien de régler, comme il vient d'être dit, le service des réservoirs.

C'est toujours dans celui qui reçoit actuellement l'eau chaude de condensation que puise l'appareil alimentant la chaudière. La naissance de son tuyau de prise est même ordinairement sur le conduit qui donne issue à l'eau venant de la pompe à air. C'est un système plus

simple et qui donne de l'eau plus chaude que celle qu'on puiserait dans le réservoir.

Mais la prise d'eau du *petit cheval* se fait toujours dans les réservoirs.

On voit des exemples de l'installation de réservoirs qui vient d'être décrite, à Saint-Germain, près Paris, à la machine du chemin de fer atmosphérique; à Blackwall (Angleterre), à la machine de l'ancien câble du chemin de fer; et à Ans, près Liége, en Belgique, également à la machine du chemin de fer.

528. Les *machines sans condensation* ont un tout autre système de réservoir d'eau pour l'alimentation des chaudières. Ici, il n'y a pas d'eau chaude à recevoir des machines; l'eau se tire directement d'une source, d'un puits, d'une rivière, etc., et est envoyée dans un réservoir voisin. On le fait indifféremment en tôle, en fonte ou en ciment. S'il n'est pas trop considérable, on l'élève, afin de profiter de la chute; une pompe spéciale, distincte de la pompe alimentaire, le maintient plein; enfin, pour chauffer l'eau, on y fait circuler, dans un tube de cuivre, la vapeur émise de la machine, si l'on n'a pas besoin de l'employer pour d'autres besoins dans la manufacture. (Voyez n° 81.)

2° Droit d'employer l'eau pour le service des machines à vapeur (1).

529. Les eaux qu'un manufacturier veut employer dans son usine, naissent dans son *propre fonds*, ou dans *la propriété d'autrui.*

Celles qui naissent sur notre propre fonds sont : les

(1) Ce paragraphe est de M. Gaudry père, ancien bâtonnier de l'ordre des avocats de Paris.

sources, les étangs. les puits, les citernes. Les autres sont : les eaux de mer, les fleuves et rivières navigables ou flottables, les canaux, les rivières et cours d'eau non navigables ni flottables.

Des règles spéciales sont applicables à l'usage de chacune de ces eaux.

530. Parlons d'abord de celles qui naissent sur notre propre fonds. Elles appartiennent aux propriétaires du sol au même titre que le sol lui-même ; il peut donc en user ou abuser comme de sa propriété. Cependant l'intérêt public les a fait assujettir à des règles qu'il est utile de connaître.

*Sources.* L'article 641 du Code civil dit que celui qui a une source dans son fonds peut en user à sa volonté. Il peut donc faire de cette source ce que bon lui semble pour ses usines, ou pour tout autre besoin; la détourner, l'arrêter, l'épuiser, l'absorber, s'il le juge convenable, sauf deux restrictions imposées par les art. 641, 642 et 647 du Code civil.

La première prévoit le cas où le propriétaire du fonds inférieur a acquis des droits par *titres*, ou par *prescription*, c'est-à-dire par un usage non interrompu et non contesté pendant un temps que la loi fixe suivant les cas à 10 ou à 30 ans.

Il est, en effet, évident que lorsque le propriétaire de la source en a aliéné l'usage, il s'est grevé d'une servitude par un *titre positif;* il ne peut pas plus user de l'eau au préjudice de cette concession, qu'il ne pourrait violer toute autre espèce de convention.

Quant à la *prescription*, elle ne résulte pas du simple usage que des propriétaires inférieurs auraient eu de l'eau supérieure, car une tolérance ne peut pas fonder

un droit. La prescription ne résulterait que d'un usage légal acquis par des *ouvrages apparents destinés à faciliter la chute d'eau dans la propriété inférieure.* Lorsque, pendant trente ans, le propriétaire supérieur a approuvé ces travaux, il est réputé avoir consenti à ne plus disposer des eaux de manière à en priver l'usinier inférieur.

La seconde exception à l'usage libre d'une source pour le propriétaire, est créée au profit des habitants d'une commune, *auxquels cette eau est nécessaire.* Si la prescription n'est pas acquise pour eux, ils ne peuvent exiger le libre écoulement de l'eau que moyennant une indemnité. Aucune indemnité n'est due lorsque la prescription de l'usage est acquise.

Sauf ces exceptions, la liberté du propriétaire du sol où jaillit la source, est complète. Les propriétaires inférieurs ne pourraient pas arrêter les eaux ou se plaindre de leur passage. Ils ne pourraient pas non plus, en les détournant ou en leur donnant une nouvelle chute, grever d'une servitude les propriétés inférieures, sur lesquelles l'eau ne coulait pas par sa pente naturelle.

Une loi du 29 avril 1845 a autorisé le propriétaire du sol où croît la source, à la conduire, ainsi que les eaux du ciel, sur ses autres héritages, en traversant les propriétés intermédiaires, moyennant une indemnité. Mais cette loi est exclusivement en faveur de l'agriculture et pour l'irrigation des propriétés ; elle ne pourrait donc pas ainsi être invoquée par des propriétaires d'usines, qui voudraient dériver l'eau comme force motrice.

531. *Étangs.* Ils appartiennent en pleine et entière propriété au maître du sol sur lequel ils se trouvent, et ils peuvent être créés sans l'intervention de l'autorité. Il est cependant très-prudent de provoquer son con-

cours; car la loi du 11 septembre 1792 lui donne le droit d'ordonner la suppression des étangs lorsqu'ils présentent des dangers pour les inondations et pour la salubrité. Les auteurs reconnaissent même (1) que l'administration pourrait les faire supprimer par des motifs généraux d'intérêt public.

Lorsque des déversoirs d'étangs ont été établis avec le concours de l'autorité administrative, l'article 457 du Code pénal punit d'une amende qui peut aller jusqu'au quart des restitutions, de dommages et intérêts, et de la prison, tout propriétaire qui, par l'élévation du déversoir au delà de la hauteur déterminée par l'administration, aurait inondé les chemins ou la propriété d'autrui, ou occasionné des dommages.

Les eaux des queues d'étangs, rigoles ou fossés sont soumis aux mêmes règles.

Il est évident que la vidange ou l'écoulement des eaux ne peut avoir lieu par des rigoles ou canaux établis sur les terrains inférieurs, que de gré à gré avec les propriétaires, à moins qu'il ne s'agisse d'un simple écoulement des eaux, suivant leur volume et leur pente naturelle.

532. *Puits.* Les puits appartiennent au propriétaire du sol sur lequel ils sont établis. Il peut donc se servir de l'eau comme bon lui semble; mais il ne doit pas la faire écouler sur les propriétés voisines, même inférieures; car l'art. 620 du Code civil n'impose cette servitude que pour les eaux qui coulent naturellement, *sans que la main de l'homme y ait contribué.*

---

(1) Toullier, t. III, p. 91; Daviel, *Cours d'eau*, t. III, p. 181.

L'art. 674 du Code Nap. dit que : « celui qui veut faire » creuser un puits près d'un mur mitoyen ou non, est » obligé de laisser la distancce prescrite par les règle- » ments, ou à faire les ouvrages prescrits par ces mêmes » règlements pour éviter de nuire au voisin. » Ces règlements, pour Paris, se trouvent dans des ordonnances de police des 13 août 1810, 20 février 1812, 8 mars 1815, et 20 juillet 1838. A Paris, aucun puits ou puisard ne peut être établi sans une déclaration préalable à la préfecture de police; les règlements ne fixent ni la distance des murs voisins, ni les travaux à faire, parce que ces mesures dépendent de la nature du terrain et de la dimension des puits à établir, et qu'elles sont réglées par les autorisations spéciales qui sont accordées. Hors de Paris, des règlements existent en certaines localités; lorsqu'ils existent, on doit s'y soumettre; lorsqu'il n'en existe pas on peut construire à son gré, mais on doit laisser une certaine distance entre le puits et le voisin, pour ne pas être soumis à des actions en dommages et intérêts.

Un décret du 7 mars 1806 défend de creuser des puits dans le voisinage des cimetières, si ce n'est à la distance de 100 mètres. Nous pensons que cette disposition doit s'appliquer aux puits établis pour les besoins des usines; d'abord le décret ne distingue pas; en second lieu, bien que leur destination spéciale soit de servir à l'industrie, il importe de ne pas retenir des eaux devenues dangereuses par des infiltrations putrides, et dont on pourrait s'emparer pour les usages de la vie.

533. *Citernes.* Ce sont des constructions destinées à recevoir les eaux pluviales. Lorsqu'elles sont creusées dans la terre, elles sont de véritables puits ou puisards, assujettis aux règles que nous venons d'indiquer. Lorsqu'elles

sont au-dessus du sol, rien ne peut entraver le droit du propriétaire de les établir comme bon lui semble, mais sans que la vidange des eaux sur les propriétés inférieures aggrave la servitude naturelle d'écoulement à laquelle elles sont assujetties.

534. Occupons-nous maintenant des eaux qui *croissent* ou *courent sur la propriété d'autrui*, ce qui comprend, comme nous l'avons dit, les eaux de la mer, les fleuves et rivières navigables ou flottables, les rivières et cours d'eau non navigables ni flottables.

*Eaux de mer*. La mer et ses rivages sont essentiellement du domaine public; il en résulte que nulle industrie ne doit s'en emparer, si ce n'est avec l'autorisation de l'administration supérieure, c'est-à-dire en vertu d'une ordonnance rendue en conseil d'État, après avoir pris les avis du ministre des finances pour le domaine, et des ministres de la marine, de l'intérieur et des travaux publics, suivant la nature et l'objet de la concession demandée. Ces autorisations sont de simples concessions d'usage, toujours révocables, sans indemnités, et imprescriptibles à l'égard du domaine.

L'art. 17 de la loi du 16 septembre 1807 a confié à l'administration publique la surveillance des travaux sur les bords de la mer; il est donc certain que jamais aucune prise d'eau ou usage des eaux de mer ne peuvent avoir lieu et se conserver que sous la surveillance de cette administration.

535. *Fleuves et rivières navigables ou flottables*. Les eaux des fleuves et des rivières navigables ou flottables sont aussi des dépendances du domaine public; mais il y a cette différence avec la mer, que leurs rivages sont des propriétés privées, tandis que les rivages de la mer sont

toujours du domaine public. Il résulte de là qu'il y a une distinction à faire entre les fossés et rigoles creusés dans le sol, destinés à prendre les eaux des fleuves ou rivières, et la prise d'eau elle-même.

Quant aux fossés et rigoles creusés dans le sol pour amener les eaux dans une usine, comme ces travaux se font sur un terrain privé, ils n'exigent ni le concours ni la permission de l'administration, pourvu qu'ils ne soient de nature à nuire ni aux voisins ni au public. Ils peuvent cependant avoir à traverser un chemin de halage, qui, d'après l'art. 650 du Code Nap., doit être laissé sur l'un des côtés des rivières navigables ; mais cette obligation, imposée aux riverains, est une simple servitude qui ne les dépouille pas de la propriété du chemin ; ils n'ont donc pas à obtenir de concession pour leurs travaux dans cette portion de leur propriété ; seulement, comme ils ne peuvent pas nuire à l'exercice de la servitude, ils ne devraient pas faire de travaux sur ce chemin ou dans le sous-sol qui le supporte, sans l'intervention de l'administration, pour qu'elle ait à sauvegarder ses droits et ceux du public.

Quant à la prise d'eau elle-même, la position des riverains est complétement différente. L'eau et le lit de la rivière sont des dépendances du domaine public; une prise d'eau ne peut donc être faite, dans un intérêt privé, que par une concession de l'autorité supérieure, d'après les lois du 20 août 1790 et du 16 juillet 1840 ; ceux qui demandent une prise d'eau peuvent même être soumis à une redevance, d'après l'art. 8 de cette dernière loi. Ces autorisations supérieures seraient plus nécessaires encore si la prise d'eau de l'usine exigeait des travaux dans le lit même de la rivière navigable.

336. *Rivières non navigables ni flottables.* **Ces cours** d'eau comprennent les simples ruisseaux et tout ce qui est eau courante. Quelle que soit leur importance, ils peuvent être réglementés par l'autorité administrative, d'après les lois des 22 décembre 1789, 20 août 1790, 25 mars 1852, et l'art. 645 du Code Nap. Lorsque des règlements généraux existent, les riverains sont obligés de s'y soumettre. Les prises d'eau ne doivent donc être faites que dans les proportions et aux conditions imposées par ces règlements. Mais il arrive très-souvent, surtout pour de moindres cours d'eau, que des règlements généraux n'existent pas; en ce cas, nous devons rappeler quelques principes afin de fixer le droit des riverains à des prises d'eau pour les machines et usines.

La propriété de ces eaux fait l'objet d'une grave dissidence entre les jurisconsultes ; les uns soutiennent que le cours d'eau est une véritable propriété des riverains (1); d'autres disent que le lit est aux riverains et que l'eau est publique (2) ; d'autres prétendent que le lit, comme l'eau elle-même, n'appartiennent à personne, et sont communs à tous (3) ; enfin d'autres décident que le lit, et les eaux sont du domaine public (4). Sans entrer dans la discussion de cette grave question, nous ferons seulement remarquer que l'art. 644 du Code Nap., ne se

(1) Troplong, *De la Prescription*, t. I, p. 145; Daviel, *Protique des cours d'eau*, n° 530; Chardon, *Du droit d'alluvion*, n$^{os}$ 91, 178, 218.

(2) V. Duranton, t. V, n° 208; Cormenin, *Droit administratif*, v° *Cours d'eau.*

(3) V. Nadault de Buffon, *Usines sur les cours d'eau*, t. II, p. 16; Tarbé de Vauxclair, *Dictionnaire des travaux publics*, v° *Cours d'eau;* Dalloz, *Jurisprudence générale*, v° *Compétence*, p. 226.

(4) V. Rives, *Cours d'eau;* Merlin, *Répertoire de jurisprudence*, v° *Cours d'eau.*

prononce pas sur la propriété, et se borne à dire que « celui dont la propriété *borde* une eau courante *peut* » *s'en servir* à son passage pour l'irrigation de ses pro- » priétés, et que celui dont cette eau *traverse* l'héritage » peut même *en user* dans l'intervalle qu'elle y parcourt, » à la charge de la rendre à la sortie de son fonds à son » cours ordinaire. »

537. Il y a donc une distinction à faire entre un cours d'eau *qui borde* seulement un héritage, et un cours d'eau qui *se trouve enclavé* des deux côtés.

Quant aux prises d'eau pour des machines et usines sur un cours d'eau *qui borde seulement* d'un côté la propriété de l'usinier, on vient de voir que l'art. 644 accorde le droit de se servir de l'eau seulement *pour l'irrigation;* il n'accorde donc pas le même droit pour des usines. A la vérité il serait possible que les propriétaires inférieurs n'en souffrissent pas, puisque l'usinier serait, dans tous les cas, obligé de rendre l'eau à son cours naturel après en avoir usé ; mais les riverains opposés ont des droits égaux aux siens. Si donc il pouvait, par des prises, diminuer la hauteur des eaux, il préjudicierait à ses droits. M. Duranton (1) prétend cependant que la disposition de l'art. 644 peut être invoquée pour des usines, aussi bien qu'en faveur de l'agriculture. Cette opinion, contredite par des jurisconsultes graves, nous paraît opposée au texte et à l'esprit de l'art. 644; nous pensons que dans le cas où l'industrie des usines veut obtenir une prise d'eau sur une ruisseau dont elle est riveraine, elle n'a pas d'autre moyen que de se pourvoir auprès du préfet, aujourd'hui compétent, d'après la loi du 25 mars 1852, pour obtenir un

(1) T. V, p. 215.

règlement des eaux, et la faculté de les détourner en partie à leur passage.

A plus forte raison la loi du 15 juillet 1847 qui autorise à faire des barrages appuyés contre les propriétés riveraines opposées, ne doit pas être étendue aux besoins des usines ; elle se restreint aux besoins de l'agriculture, à moins que ces barrages n'aient été autorisés par un règlement général.

538. Quant aux eaux *traversant un héritage*, c'est-à-dire dont les deux rives ont un même propriétaire, la position de l'usinier est beaucoup plus favorable; l'art. 644 l'autorise à *en user* dans l'intervalle qu'elle y parcourt, et ne limite pas cet usage aux seuls besoins des irrigations; il peut donc s'en servir pour des prises d'eau ou de toute autre manière, soit dans leur lit, en y plaçant des machines hydrauliques, des barrages ou des bâtisses, soit en les détournant pour les conduire sur ses usines. Il pourrait même les absorber en partie; car le droit d'user comporte le droit de jouir de la chose suivant sa nature; si donc l'usage avait pour résultat de diminuer la quantité de l'eau, en l'absorbant comme dans des irrigations, en la vaporisant comme dans des machines à vapeur, l'usinier serait dans son droit.

Mais l'article 644 ajoute qu'il doit rendre l'eau à son cours ordinaire à la sortie de son fonds. En effet, le droit d'*user* ne comprend pas la faculté d'*abuser* au préjudice des autres ayants droit, c'est-à-dire des riverains inférieurs. L'usinier qui s'est servi de l'eau doit rendre ce qui reste, après son légitime usage, dans l'état où l'eau se serait écoulée en suivant son cours naturel. Ainsi, il ne pourrait pas déverser les eaux dont il s'est servi sur des propriétés autres que celles où l'eau s'écoulait natu-

rellement. Il ne pourrait pas non plus conduire ces prises d'eau à des usines situées sur des propriétés autres que les riveraines; nous avons vu plus haut que la loi du 27 avril 1845 réserve cette faculté seulement en faveur des irrigations. Enfin, il ne devrait pas rendre les eaux à leur cours, altérées par des substances étrangères, ni leur donner une rapidité qui n'est pas leur état normal, ni les envoyer brûlantes sur les propriétés inférieures; car ce n'est plus rendre *l'eau à la sortie de son fonds, après en avoir usé*. Ce serait rendre l'eau dénaturée, et nuire par son émission aux propriétés inférieures.

Toutes les fois que l'usage de l'eau doit avoir pour résultat de grever de servitudes les héritages voisins ou inférieurs, cet usage ne peut avoir lieu que par des autorisations administratives et au moyen de mesures convenables pour sauvegarder les intérêts des tiers.

**3° Éjection des eaux provenant des appareils à vapeur.**

539. Les questions qui concernent ce sujet ont déjà été en partie traitées dans l'article précédent. On a vu qu'en certains cas on peut conserver ces eaux jusqu'à les absorber, mais qu'elles doivent être rendues dans d'autres cas, à leur cours naturel.

D'autre part, on a vu aussi que tantôt on recueille dans des réservoirs les eaux sortant des appareils à vapeur (voyez fig. 3), et tantôt on les rejette sur la voie publique.

On a vu enfin que le droit d'user des eaux, de les rendre à leur cours ou de les déverser sur la voie publique ne peut jamais aller jusqu'à jeter hors de l'usine des eaux chargées de substances incommodes ou malfaisantes. L'eau qui sort des machines à vapeur est rarement nuisible; il n'y aurait que l'eau bouillante des chaudières

en vidange qui, par sa chaleur brûlante, pourrait susciter des plaintes légitimes.

Les eaux déversées doivent, en second lieu, l'être de manière à ne pas gêner les voisins et la circulation publique par leur abondance ou leur dégagement de vapeur. Ainsi, par exemple, ne pourrait être toléré un déversement d'eau même pure, qui emplirait une partie de la rue, qui, en hiver, donnerait naissance à des amas de glace inusités et dangereux, qui obscurcirait de vapeur les alentours. En principe général, le droit d'user de la voie publique pour le passage des eaux pluviales ou industrielles, ne s'entend que d'un usage ordinaire et non nuisible aux intérêts généraux des citoyens.

510. La police de la voirie permet à Paris de déverser dans les ruisseaux et les égouts l'eau sortant des machines à vapeur, mais aux conditions qui viennent d'être énoncées. En général, l'autorisation dont il est parlé au nº 478 fixe ces conditions d'après les circonstances. Quand les eaux écoulées de l'usine sont trop abondantes, on exige qu'elles soient conduites à l'égout public par des canaux souterrains. Si elles sont trop chaudes, ou si elles contiennent des principes acides qui puissent nuire aux passants ou aux pieds des chevaux, dégrader la voie publique ou le revêtement des égouts, et rendre le curage de ceux-ci dangereux, on exige qu'avant de les faire sortir de l'usine leurs principes corrosifs soient neutralisés et que la chaleur soit refroidie de manière à ne pas excéder 12 degrés. Jusqu'ici, il n'y a pas eu d'ordonnance de police sur ce point; mais certains industriels ont montré tant de mauvais vouloir à faire cesser des plaintes motivées sur l'écoulement de leurs eaux, qu'un arrêté général ne se fera sans doute pas attendre.

### SECTION CINQUIÈME.

#### MISE EN SERVICE ET EMPLOI DES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.

541. Quand une machine à vapeur est installée dans une usine ou manufacture, il faut avant de l'employer en service : 1° la faire recevoir par l'ingénieur des mines chargé de la surveillance dans la localité; 2° l'essayer pour soi-même.

La *réception de l'ingénieur des mines* a pour objet de constater que les mesures prescrites par l'autorisation d'établissement sont observées, et que l'appareil offre toute sécurité. On écrit donc à cet ingénieur, comme on le fait toutes les fois que des réparations ont eu lieu dans les organes fondamentaux.

On n'allume généralement pas la machine pour cette visite de l'ingénieur, ou du moins on l'allume en sa présence, en l'isolant de la manufacture et en modérant sa pression. Il n'y a sur ce point rien de fixe; quand l'ingénieur sait que l'appareil a été établi par un constructeur dont les travaux inspirent toute garantie, il désire que la machine fonctionne le jour où il vient procéder à sa réception. S'il n'a pas, au contraire, toute sécurité sur l'installation, il demande que les chaudières restent non-seulement froides, mais même vides, et qu'on lui prépare toute facilité pour visiter et étudier l'appareil sur place comme sur plans.

En annonçant le jour de son arrivée, l'ingénieur a soin depréciser ce qu'il compte faire. Quant au propriétaire de la machine, qui est plus intéressé que lui à se prêter à tout ce que la sécurité commande?

542. Les *épreuves* de la résistance des chaudières et

des cylindres ou conduits dont il est parlé au n° 334 sont réglementées par les art. 14 et suivants de l'ordonnance du 22 mai 1843. Nous avons déjà dit que cette épreuve se faisait à la presse hydraulique chez le constructeur par l'ingénieur des mines chargé spécialement de ce service ; les propriétaires d'usine n'ont donc qu'à s'assurer si les chaudières que l'on monte chez eux sont revêtues de la médaille poinçonnée indiquant le nombre d'atmosphères sous lequel pourra fonctionner l'appareil. Il leur importe de veiller, dans l'édification du générateur, à ce que cette médaille ne soit pas cachée. Nous leur rappellerons en outre que, même ultérieurement, s'ils ont des doutes sur la solidité du générateur, ils doivent appeler l'ingénieur des mines, lui exposer ces doutes et l'inviter à procéder à de nouvelles épreuves.

Lorsque l'ingénieur a procédé à la réception, il ne reste plus, comme simple formalité, qu'à faire délivrer l'autorisation de mise en service, laquelle est valable de plein droit jusqu'à ce que les agents de l'autorité administrative aient retiré la permission. Quant à toutes les prescriptions que celles-ci contiennent, elles sont obligatoires. Les contraventions sont poursuivies devant les tribunaux correctionnels ou de police.

543. L'*essai de la machine par le chef d'établissement*, dès que le permis de police est donné, a pour but de s'assurer qu'elle fonctionne selon les besoins et les prescriptions du traité avec le constructeur; il est à propos d'inviter celui-ci à ces premières épreuves. Nous avons indiqué au n$^{os}$ 286 et 287 comment on pouvait évaluer la force en chevaux des machines; il a pu suffire au constructeur de faire cette évaluation par le calcul; ici elle ne peut être faite que directement à l'aide des dynamomètres.

Les essais achèvent de prouver si la machine fonctionne avec la régularité et dans les conditions voulues. Pour ces essais, il faut bien embrayer la machine avec l'arbre de transmission de l'usine; aussi ne devra-t-on négliger aucunes précautions, surtout aux premiers instants, pour s'assurer que l'emploi du nouveau moteur n'amène aucune perturbation dans la manufacture. C'est ordinairement un moment très-critique : il convient de placer des hommes intelligents aux principaux appareils à mouvoir et auprès du débrayage, afin d'isoler la machine à la première menace d'accident; il importe que le chef d'établissement et son contre-maître soient là opérant ou présidant les essais.

On imprimera d'abord une marche très-lente à la machine, en ne donnant qu'une faible ouverture à l'admission de la vapeur; on accélèrera ensuite peu à peu la vitesse jusqu'à ce que les appareils mus aient atteint leur mouvement normal; c'est alors seulement qu'on procèdera aux expériences dynamométriques ou autres.

### SECTION SIXIÈME.

#### DE LA QUANTITÉ DE TRAVAIL A FOURNIR PAR LES MACHINES A VAPEUR DANS LES USINES.

544. Le premier soin du mécanicien conducteur est, conformément à ce qui est dit au n° 538, de s'enquérir de la somme de travail à fournir.

On a vu aussi au n° 520 qu'il est difficile de préciser la quantité de travail dépensé réellement dans les manufactures et ateliers pour mouvoir les outils ou métiers, surtout quand le moteur en conduit une réunion, tantôt partiellement, tantôt en totalité. Mais il est une quan-

tité moyenne de travail que l'expérience a indiquée aux directeurs d'usines comme devant être assignée à ces outils ou métiers. Nous nous sommes enquis de ces moyennes dans un grand nombre d'usines; et si les nombres des tableaux suivants n'indiquent pas au constructeur la force réellement voulue pour faire travailler une machine isolée dans des conditions données, celui qui conduit le moteur aura du moins une sorte de point de repère pour évaluer approximativement le travail qu'il doit lui faire déployer, en raison des appareils à mouvoir.

On verra par l'exemple des ateliers de construction de machines (note *k* ci-après) comment nous avons procédé pour obtenir nos moyennes.

545. *Tableau des quantités de travail dépensé pour mouvoir diverses machines dans les usines et ateliers.*

| DÉSIGNATION | TRAVAIL dépensé en chevaux. Minimum. | Maximum. |
|---|---|---|
| Moulin à blé avec ses accessoires, par 100 kilog. de blé moulu à l'heure avec les accessoires. . . . . . . . . . | ch. 3,00 | ch. 5,00 |
| Moulin à broyer le ciment, par 100 kilog. à l'heure. . . . | 1,00 | 2,50 |
| Moulin à huile, par 100 kilog. à l'heure avec les accessoires. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1,80 | » |
| Scie rectiligne à une ou plusieurs lames (*a*), par mètre carré débité à l'heure. . . . . . . . . . . . . . . . | 0,35 | 0,50 |
| Scie à placage. Même condition. . . . . . . . . . . . . | 0,15 | » |
| Scie circulaire. Même condition (*b*). . . . . . . . . . . | 0,25 | 4,00 |
| Scie à couper à chaud les rails (*c*). . . . . . . . . . . | » | 10,00 |
| Bocard par pilon. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,70 | 1,00 |
| Gros marteau frontal de forge (*d*). . . . . . . . . . . . | 20,00 | 35,00 |
| Martinet de 700 kilog. battant 96 coups par minute. . . . | 8,00 | » |
| Laminoir à tôle de 1m,60 de large (première grandeur), peut prendre jusqu'à. . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 100,00 |
| Laminoir cingleur à 3 paires de cylindres, pour rails et gros fer. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 35,00 | 50,00 |
| Grand train de laminoir de 10 à 12 paires de cylindres, pour gros et petit fer, tôle, etc., avec les cisailles et autres accessoires (*e*). . . . . . . . . . . . . . . . | 80,00 | 100,00 |
| Un train de laminoir pour petit fer. . . . . . . . . . . | 20,00 | » |
| Laminoir à petite tôle pour fer blanc, donnant 50 tours par minute.. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 12,00 | 20,00 |
| Soufflerie, par mètre cube, fourni par seconde, d'air froid à la pression de 7 à 8 centimètres de mercure. . . . . | 0,30 | 0,50 |

(*a*) Il résulte des expériences de M. Morin qu'il ne faut pas beaucoup plus de force pour faire marcher la scierie à plusieurs lames qu'à une seule, parce que la résistance des scies proprement dite n'est qu'une assez faible fraction des résistances de toutes sortes qui existent dans la machine.

(*b*) Le premier nombre, quoique donné par des expérimentateurs dignes de confiance, m'étonne : j'ai remarqué dans les ateliers que ces scies paraissaient toujours prendre beaucoup de travail.

(*c*) Une machine de 15 chevaux, à Montataire, mène convenablement, outre la scie, 4 cisailles et 2 ventilateurs soufflant 4 fours.

(*d*) L'un des marteaux frontaux de Denain a une machine de 20 chevaux ; une seconde machine de 25 chevaux conduit, outre le deuxième marteau, 3 tours à alézer les cylindres de laminoir.

(*e*) A Montataire, 280 chevaux mènent 34 paires de cylindres, dont 19 gros et 15 petits, plus 4 cisailles et 2 squezers.

| DÉSIGNATION. | TRAVAIL dépensé en chevaux. Minimum. | Maximum. |
|---|---|---|
| | ch. | ch. |
| Soufflerie pour un fourneau ordinaire { au bois | 10,00 | 20,00 |
| Soufflerie pour un fourneau ordinaire { au coke (*f*) | 30,00 | 70,00 |
| Soufflerie pour un feu d'affinerie (*g*) | 1,00 | 2,00 |
| Soufflerie pour une forge maréchale | 0,20 | 0,60 |
| Un gros ventilateur centrifuge soufflant 40 feux de forge maréchale avec la houille (*h*) | 6,00 | 8,00 |
| Moulin à papier, par pilon | 2,00 | 3,00 |
| Moulin à papier broyant 100 à 120 kilog. de chiffons en 12 heures | 3,00 | 6,00 |
| Machine à papier continu | 5,00 | » |
| Machine à imprimer les étoffes, à rouleaux, y compris la transmission, le lessivage et le reste des accessoires; on compte en Alsace, en moyenne, *par rouleau* | » | 1,00 |
| Machine dite perotine; 2 chevaux en font marcher 6 de 1 à 10 couleurs, soit pour chaque perotine | » | 0,33 |
| Blanchiment du calicot en grand; chez M. D..... on compte 25 chevaux pour blanchir 100,000 mètres en 12 heures, soit par 1000 mètres | » | 0,25 |
| Filature du coton; une machine de 150 chevaux, chez M. D..., mène largement 30000 broches avec la préparation, qui dépense 1/3 de la force; soit par 100 broches avec la préparation, pour les numéros moyens | 0,25 | 0,50 |
| Machine à lainer les draps, d'après le général Poncelet (*i*) | 0,38 | 0,40 |
| Carde briseuse pour le lin | 2,00 | » |
| Carde finisseuse pour le lin | 0,80 | » |
| Métier à tisser le coton (*j*) | 0,10 | 0,14 |
| Batteur à 2 battants avec ventilateur | 2,00 | 4,00 |
| Carde à coton | 0,07 | 0,27 |
| Machine à parer le calicot | 0,75 | 1,00 |
| Banc à broches, par 100 bobines | 1,50 | » |
| Atelier de construction de machines; en général on compte en moyenne, par outil, y compris la transmission (*k*) | » | » |

(*f*) La soufflerie de Stiring, forte de 120 chevaux, souffle largement 3 grands hauts-fourneaux au coke, et péniblement un quatrième.

(*g*) Quelques contre-maîtres affirment que cette force ne s'élève pas en moyenne à plus de 1/2 cheval.

(*h*) Avec le coke il faut environ le double de cette force.

(*i*) D'après les auteurs du *Dictionnaire des arts et manufactures*, il faudrait au contraire de 2 à 2,5 chevaux. Sans doute y compris la transmission.

(*j*) Chez M. D..., une machine de 60 chevaux mène 500 métiers avec accessoires, soit $0^{ch},12$ par métier. Chez M. ***, on compte 20 métiers menés par cheval, sans la machine à parer; et avec celle-ci 15 métiers seulement sont menés. Chez M. P..., une machine à parer prend autant de force que 3 métiers à tisser, soit de $0^{ch},25$ à $0^{ch},60$.

(*k*) Les ateliers de construction offrent une très-grande variation de travail;

| DÉSIGNATION. | TRAVAIL dépensé en chevaux. | |
|---|---|---|
| | Minimum. | Maximum. |
| | ch. | ch. |
| Gros alésoir à cylindre. | 1,50 | 3,00 |
| Gros tour à roues de wagon enlevant de forts copeaux. | 0,70 | 2,50 |
| Tour ordinaire, machine à buriner, percer, alézer, tarauder, etc., dans les conditions moyennes. | 0,20 | 0,40 |
| Machine à cintrer les bandages de roues de wagons (*l*). | 4,09 | 5,00 |
| Cisaille et gros découpoir (*m*). | 0,20 | 0,50 |
| Banc à étirer les tubes de cuivre pour chaudière tubulaire. | 2,00 | 5,00 |

tantôt tous les outils opèrent; un instant après une partie d'entre eux s'arrête; les outils rapides prennent plus de force que les autres; ceux qui travaillent le bois en prennent aussi plus que ceux qui travaillent le fer; la dureté de celui-ci exerce en outre son influence, il est donc très-difficile de faire à chacun sa part exacte. On accepte cependant les moyennes indiquées ci-dessus. J'ai relevé la puissance développée par le moteur et le nombre d'outils en mouvement dans diverses usines; voici le résultat de cette comparaison :

| DÉSIGNATION DE L'ATELIER. | FORCE motrice. | NOMBRE D'OUTILS machinés | | | FORCE moyenne par outil. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | forts. | petits et moyens. | total. | |
| Atelier Cail à Paris, en 1851. | 60 | 23 | 212 | 235 | 0,25 |
| *Id.* augmenté en 1856. | 90 | 72 | 238 | 310 | 0,29 |
| Atelier Sharp, à Manchester, en 1848. | 50 | » | » | 193 | 0,25 |
| Ancien atelier de l'expansion. | 30 | 18 | 82 | 100 | 0,30 |
| Atelier du chemin de fer à Épernay, avec transmission soignée. | 30 | 25 | 90 | 115 | 0,26 |
| Atelier du chemin de fer du Nord, avec bonne transmission et fort travail. | 60 | 74 | 86 | 160 | 0,37 |
| Atelier Cavé, en 1855 (transmission très-dure). | 60 | 40 | 132 | 172 | 0,34 |
| Atelier Calla à Lachapelle; très-bonne transmission. | 20 | » | » | 70 | 0,26 |
| Atelier Mazeline au Havre; bonne transmission. | 25 | » | » | 95 | 0,26 |
| Buddicum : ancien atelier. | 18 | » | » | 68 | 0,28 |
| Buddicum : nouvel atelier. | 20 | » | » | 86 | 0,23 |

(*l*) La machine Buddicum est conduite largement par une machine spéciale, estimée de la force de 5 chevaux.

(*m*) Chez M. Mazeline, une petite machine de 1 cheval conduit 1 gros découpoir Calla, 1 petit découpoir Cail et 1 petite meule à aiguiser.

SECTION SEPTIÈME.

CONDUITE DES MACHINES FIXES.

546. Il reste peu de chose à ajouter aux principes généraux exposés aux nos 253 et suiv., 538 et suiv., sur la conduite de machines à vapeur et de leurs chaudières. Celles qui sont installées à demeure dans les usines sont, par cette fixité même, plus faciles à conduire que les autres. En effet, dans les bateaux à vapeur et sur les chemins de fer, outre que les manœuvres sont très-multipliées, dans les premiers les inclinaisons de la coque, sur les seconds l'état de la voie et l'exactitude absolue du service, appellent sans cesse l'attention du mécanicien; les machines d'usine, par leur travail relativement régulier, demandent une attention moins soutenue et des hommes d'une capacité plus ordinaire.

§ I. — Des mécaniciens et chauffeurs.

547. Quand la machine n'est pas trop considérable et que la chaudière n'offre pas plus d'un ou deux foyers à soigner, un seul employé peut être préposé à la conduite, et joindre les fonctions de chauffeur à celle de mécanicien. Quand les appareils comportent un grand nombre de foyers, il faut avoir un ou plusieurs chauffeurs ainsi qu'un ou plusieurs mécaniciens.

Que le chef d'établissement ait alors soin, conformément à ce qui a été dit au no 361, de régler entre ces diverses personnes une hiérarchie bien définie, et qu'il établisse un *mécanicien chef* responsable de toutes les manœuvres et de tous les accidents survenus, soit dans l'appareil moteur, soit dans les chaudières.

Le nombre des mécaniciens opérant ensemble la manœuvre de la machine dépend de la résistance des organes servant à ces manœuvres (339), un seul homme peut y suffire avec l'aide de leviers ou d'engrenages établis dans un rapport convenable, ou bien avec un moteur à vapeur spécial, comme il se pratique quelquefois. La quadruple machine du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain a deux mécaniciens travaillant ensemble. Dans la marine il faut parfois jusqu'à six hommes aux volants de changement de marche des grands appareils de vaisseaux.

Suivant le système des organes de manœuvre adopté par le constructeur, on recevra de celui-ci les instructions propres à déterminer le nombre des hommes de service. Pour les grands appareils il sera même quelquefois utile d'insérer dans le marché une clause spéciale à cet égard.

Un chauffeur peut soigner trois ou quatre foyers ordinaires pendant dix heures consécutives. Cette seule indication suffit pour fixer le nombre d'hommes nécessaire au service du générateur ; mais leur travail dépend surtout, comme celui des mécaniciens, du salaire qu'on leur donne, des conventions qu'on fait avec eux, de la durée totale du service, de la disposition des emménagements plus ou moins salubres et de l'éloignement du combustible, qui, lorsqu'il n'est pas tout auprès du foyer dans des soutes disposées exprès, doit être amené à la pelle ou à la brouette sous la main du chauffeur, par un homme de peine en supplément.

Dans les usines où la durée du travail n'excède guère 12 heures non compris l'allumage et l'extinction des feux, il n'est besoin que d'une seule équipe de mécaniciens et

chauffeurs. Quand le service se continue jour et nuit, on forme deux équipes, qui se relèvent tour à tour de 12 en 12 heures, ou même de 6 en 6 heures, et moins si le service est trop pénible.

548. Un mot maintenant sur *l'hygiène* des personnes employées au service des machines fixes : lorsque les machines et chaudières sont convenablement installées dans les usines, les personnes chargées de leur conduite n'ont à observer aucune règle particulière d'hygiène. Leur costume prenant juste le corps, sans pans ni poches susceptibles de s'accrocher dans la machine, et leur nourriture fortifiante n'ont aucune raison de différer de ceux de tout ouvrier employé dans les usines mécaniques.

Le meilleur vêtement du mécanicien consiste en un pantalon médiocrement large, avec une veste juste et boutonnée à volonté. L'un et l'autre en fort velours de coton épinglé ou à côte. Il a été reconnu que cette étoffe offre une grande durée, qu'elle ne se graisse pas trop, qu'elle conserve avec assez d'uniformité la chaleur intérieure du corps, et prévient par là même à la fois l'influence pénible de la chaleur près des foyers et celle du froid de l'air extérieur.

Le travail du chauffeur est excessivement sale ; le seul vêtement convenable pour lui consiste en un pantalon et une veste de grosse toile de bonne qualité, qu'on puisse laver souvent.

On recommande enfin aux personnes de service auprès des machines à vapeur d'avoir la tête couverte d'une calotte ou d'une casquette à fond bien garni, et d'entretenir, par un très-fréquent lavage de la figure et des mains, la liberté des pores de la peau.

549. Il y a des machines ou chaudières à vapeur en-

fermées dans des locaux sans air, sans jour, sans ventilation. Le métier des hommes de service devient alors un des plus pénibles et des plus dangereux pour la santé, et on recommande à ces employés de grandes précautions pour la conservation de leur vie.

On leur prescrit d'abord une nourriture à la fois tonique et rafraîchissante, où les viandes fraîches entrent pour une grande partie. Si le vin, en quantité raisonnable, est très-salutaire, l'usage fréquent des liqueurs fortes, de l'eau pure, de la glace, des boissons acides, des salaisons, mais surtout les excès de tout genre sont un véritable danger.

Auprès des appareils insalubres que nous signalons, le service doit être combiné de telle sorte que, sans les abandonner, les employés puissent, de temps en temps, se reposer dans un local sain et aéré. Mais ils doivent se défier de la tendance bien naturelle qui les porte à subitement passer de l'étuve où ils étaient, à l'air froid du dehors; dans la première, leur vêtement était nécessairement le plus léger possible; en sortir sans s'être vêtu suffisamment, c'est s'exposer à un refroidissement parfois mortel.

Quant à la recommandation ci-dessus faite d'entretenir la liberté des pores de la peau par de très-fréquents lavages, on comprend qu'elle est ici de première nécessité. C'est une pratique dont les effets ont toujours été jugés des plus salutaires; il en est de même de l'habitude de porter un gilet de laine sur la peau.

550. Un dernier mot sur *les maladies* auxquelles le service des machines à vapeur expose principalement. On a vu au n° 365 les premiers secours à donner en cas de blessures, et les premiers soins à donner avant l'arrivée du médecin. Quant aux maladies proprement dites, les in-

flammations de la gorge, des paupières, des entrailles, sont des maladies assez communes chez les mécaniciens ou chauffeurs.

Mais les affections de poitrine, la phthisie et la dyssenterie ne proviennent guère que de l'imprudence de ceux qui en sont victimes et d'une insalubrité toute particulière des locaux. C'est pourquoi les mécaniciens ne doivent pas considérer, comme inhérents au service des machines à vapeur dans les usines, les cas assez nombreux de ces redoutables maladies.

§ II. — Conduite des machines fixes.

551. Elle comprend, comme celle de toute machine à vapeur, la préparation préliminaire, le service proprement dit et les soins ultérieurs. Ce triple sujet a déjà été traité dans la première partie, au chapitre IV, à un point de vue général; il ne reste plus qu'à ajouter quelques observations pratiques.

*Préparation préliminaire.* Le mécanicien, et s'ils sont plusieurs, le mécanicien chef doit être, dès la veille, au courant du service demandé à la machine. Les heures fixées pour le démarrage et les arrêts définitifs ou temporaires lui doivent être désignés, ainsi que les limites extrêmes de la quantité de travail à fournir (voyez n° 545). C'est ce que nous avons appelé au n° 338 *s'enquérir du service.*

Si la machine n'a pas fonctionné depuis plusieurs jours, il importe qu'elle soit visitée de bonne heure le jour qui précède celui du service, afin qu'on ait le temps de remettre en état, s'il y a lieu, les garnitures, les appareils graisseurs et les articulations soudées, pour ainsi

dire, par la rouille ou le cambouis. Ce serait même un hasard si tout se trouvait en état (voyez n° 312 et suiv.).

Quand la machine a fonctionné la veille, le mécanicien a dû, avant de se retirer, faire sa visite et tout préparer pour la reprise du service.

C'est encore la veille que la provision du combustible a dû être préparée et mesurée, la grille et le cendrier vidés, la chaudière vidangée, le niveau d'eau normal établi, les conduits de flammes nettoyés, et qu'on a dû arrêter la comptabilité dont il sera parlé ci-après, au n° 558. En un mot, tout doit être prêt la veille pour commencer le service le lendemain matin, de façon à ce qu'il n'y ait qu'à allumer le foyer et laisser monter la pression de la vapeur.

L'heure à laquelle on doit venir faire d'avance l'allumage dépend du système de chaudière et de si nombreuses circonstances, que rien ne peut être fixé. Ordinairement, on allume une heure d'avance un générateur à bouilleurs ou à tubes lorsqu'il n'est arrêté que depuis 10 à 12 heures, et 3 heures au moins d'avance quand il est tout à fait froid.

Les générateurs à foyer ordinaire s'allument et se gouvernent comme il a été dit aux n°s 233 et suivants. Quant à ces foyers fumivores, de systèmes si divers, qui abondent depuis les ordonnances sur la suppression de la fumée (510), le mécanicien recevra de l'inventeur des instructions spéciales.

Nous rappellerons au chauffeur, pour les foyers ordinaires, que l'abondance de fumée lui est en grande partie imputable; qu'il doit, tout en couvrant partout la grille, donner peu d'épaisseur au combustible; qu'il faut charger peu à la fois; choisir les instants où l'incandes-

cence dans le foyer est le plus propre à brûler les gaz dégagés du combustible frais ; ne pas trop activer le tirage, afin de laisser aux gaz entraînés le temps de se décarburer ; enfin, entasser d'avance, sur le devant de la porte, le combustible frais, afin qu'il s'échauffe et commence à se distiller, et qu'une fois étendu sur le combustible incandescent, l'opération n'ait qu'à se continuer.

352. *Service.* Une amende sévère est infligée au mécanicien quand il n'est pas prêt à mettre régulièrement la machine en marche à l'heure prescrite pour le commencement du travail. Cette heure étant arrivée, un premier coup de cloche ou tout autre signal, annonce l'entrée des ouvriers. C'est à ce moment que le mécanicien fait sa dernière inspection et se prépare à mettre en marche, comme il est dit au nos 282, 335, 338 et suiv.

Nous ajouterons, en ce qui concerne le démarrage, une observation très-importante : on a vu (340) que la manivelle peut être accidentellement mal placée pour démarrer, et qu'il fallait alors agir à bras sur le volant pour la ramener à une position convenable. Il importe dans une manufacture de ne mouvoir le volant que dans la direction de la marche régulière, et *jamais à reculons*, ne serait-ce que de quelques degrés, sous peine d'amener dans la manufacture de graves avaries. En effet, comme une horloge dont on ne peut faire reculer les aiguilles sans la déranger, les machines motrices des manufactures ne peuvent ordinairement marcher que dans un seul sens.

*Une fois en marche*, la machine continue d'elle-même ses fonctions, et pourvu que le feu et le niveau d'eau soient entretenus d'une manière constante (237 et 240),

la vitesse se régularise dans le moteur par l'effet de son peudule modérateur, tant que le travail à fournir ne franchit pas certaines limites. Il n'est pas, comme sur une locomotive, nécessaire que le mécanicien soit toujours près de la machine, à moins qu'il n'y ait des manœuvres fréquentes à faire comme dans le cas des *monte-charges*. Hors ce cas, le mécanicien peut même vaquer à quelque autre occupation dans le voisinage, en se contentant de venir, à des intervalles de dix à quinze minutes, faire sa tournée et donner ses soins. Il importe cependant qu'il ne s'éloigne jamais de manière à ne pas entendre le sifflet du flotteur d'alarme, non plus que les chocs et broutements du mécanisme avarié.

Dans ces visites, il portera particulièrement son attention sur l'état du foyer, le jeu de l'appareil alimentaire, la hauteur du niveau d'eau, les fonctions des divers indicateurs et celles du condenseur; il aura soin de maintenir la machine en état de propreté, et d'enlever, à mesure qu'ils se forment, soit les amas de cambouis et de poussière, soit les épanchements d'huile et d'eau.

553. *Arrêts momentanés* : nous voulons parler de ces heures de chômage qui ont lieu dans les usines deux ou trois fois par jour pour le repas des ouvriers. Pendant ce temps, la machine à vapeur arrête aussi; on n'éteint pas le feu dans le foyer, mais on le fait *dormir*, en fermant presque tout à fait les portes de cendrier et registres de cheminée, ou bien en couvrant le feu avec des cendres.

Quant à la pression de la vapeur, ne la faites pas tomber, mais diminuez-la, de peur qu'elle n'éprouve, en l'absence du mécanicien, une élévation dangereuse (370). Pour cela, déchargez *un peu* les soupapes de sûreté (224),

ouvrez les robinets de vidange (223) en plein un instant pour donner issue à la bourbe accumulée dans le fond; alimentez largement, de manière à ce que la vaporisation qui s'opère toujours un peu pendant l'arrêt, malgré toutes les précautions, ne fasse pas tomber le niveau au-dessous de la ligne voulue.

C'est pendant l'arrêt que la petite pompe à vapeur, dite *petit cheval*, est bien utile : non seulement elle sert à entretenir le niveau d'eau dans le générateur, mais elle peut alimenter le réservoir dont il est parlé aux nos 525, 527, 528.

*Pour reprendre la marche*, dix minutes environ avant la rentrée des ouvriers, le mécanicien revient à la machine; il la prépare à démarrer comme le matin. Le premier soin doit être de constater si le niveau d'eau de la chaudière n'a pas découvert la surface de chauffe. Sur un simple doute, agissez comme lorsqu'une explosion est imminente (367), c'est-à-dire achevez d'étouffer le feu, ou retirez-le du foyer. Si l'état de la chaudière n'inspire pas d'inquiétude, rendez au feu son activité, en rétablissant le tirant d'air, après avoir *piqué le feu* (243) pour le débarrasser des cendres et scories; puis chargez, à la manière ordinaire, le nouveau combustible.

Quant aux manœuvres pour arrêter la machine et la remettre en marche, nous n'avons plus besoin d'y revenir; il suffira de se reporter à ce qui est dit aux nos 340 et suiv.

534. *Fin du service :* pour les arrêts momentanés, on a dû faire dormir le feu et diminuer la pression de la vapeur; pour l'arrêt définitif à la fin du jour, il faut entièrement supprimer, dans le générateur, la pression et

l'action du calorique, de manière à ce qu'il n'y ait pas de danger pour la nuit.

La pression doit se maintenir jusqu'au dernier moment du travail ; mais il y faut parvenir en amortissant peu à peu le feu, et en utilisant le combustible presque jusqu'à son dernier morceau, de manière à ne pas en avoir une grande masse embrasée à jeter hors du foyer. Démasquez donc en grand la cheminée pour tirer en plein sur le combustible restant.

*Quand le signal d'arrêt est donné*, le moment de se retirer est loin d'être arrivé pour le mécanicien et ses aides ; il leur reste à pratiquer diverses opérations et à tout préparer pour la mise en feu du lendemain matin, ainsi qu'il a été dit aux nos 557 et suiv.

Deux cas doivent d'abord être distingués : il faut faire tomber de suite la pression de la vapeur, aucun service n'étant plus demandé à la chaudière ; ou bien il faut utiliser la vapeur qu'elle contient encore, soit pour mouvoir une petite machine chargée d'alimenter le réservoir de l'établissement ou de faire fonctionner un gros outil qui doit continuer à marcher durant la nuit, jusqu'à ce que la chaudière n'ait plus de vapeur, ainsi qu'il arrive ordinairement dans les ateliers de construction pour mouvoir les alésoirs à cylindre.

555. *Quand on veut conserver la vapeur* : avant d'éteindre le feu, et pendant que le foyer conserve encore son activité, alimentez en eau copieusement la chaudière, puis ouvrez en grand les robinets de vidange pour laisser écouler l'eau vaseuse accumulée au fond du générateur, en se gardant bien de le laisser baisser au-dessous du niveau de régime. Maintenez pendant

ce temps l'activité du foyer, pour que la pression de la vapeur ne tombe pas. Cela ne signifie pas qu'il faut le charger ; il faut seulement activer le tirage comme il est dit au n° 554.

L'extraction dont nous venons de parler a pour but de purifier l'eau contenue dans la chaudière et donner issue aux matières qui pourraient se solidifier en refroidissant et former une couche de ce tartre si nuisible, dont il est parlé au n° 74. En pratiquant ces extractions partielles à la fin de chaque service, à chaque arrêt, et même de temps en temps pendant la marche, on n'évitera pas absolument la formation du tartre, mais on prolongera beaucoup la durée du service qu'on pourra demander au générateur avant d'être forcé de le nettoyer. C'est le résultat qu'on a obtenu dans la marine par un système d'extraction et de renouvellement d'eau analogue à celui que nous recommandons pour l'emploi prolongé des machines fixes dans les usines.

Après avoir terminé cette première opération le moment est venu d'éteindre le feu. Pour cela, amenez hors de la grille le combustible qui peut s'y trouver encore ; nettoyez-la complétement ; qu'il n'y reste ni cendre ni scories, que les barreaux soient bien dégagés ; videz de même le cendrier, puis fermez-le ainsi que le foyer et la cheminée, afin de maintenir la chaleur intérieure jusqu'à l'allumage du lendemain matin, et pour que le refroidissement se fasse peu à peu pendant la nuit, sans causer ces retraits violents dont nous avons déjà signalé les dangers.

Ne touchez plus à rien dans l'appareil et laissez la vapeur se consommer peu à peu dans la petite machine (554) qu'on se propose de mouvoir.

Quant au combustible retiré du foyer, et réduit sans doute à l'état de coke ou de braise, recevez-le dans des étouffoirs pour l'employer le lendemain matin, ou éteignez-le avec de l'eau au dehors.

556. *Dans le cas où on n'a plus besoin de la vapeur*, pratiquez à l'inverse de ce qui précède les deux opérations ci-dessus, c'est-à-dire commencez par éteindre le feu comme nous venons de l'indiquer.

Quant à la pression elle tombera suffisamment d'elle-même en faisant jouer la pompe alimentaire et les robinets de vidange, suivant ce qui est dit au n° 555, et vous n'aurez pas besoin de rejeter la vapeur par le tuyau de décharge, d'où elle ne sort d'ailleurs qu'avec un mugissement très-redouté du voisinage.

557. *La machine demande à son tour quelques soins* à la fin du service :

1° Arrêtez-la de manière à ce que la manivelle soit bien placée pour démarrer sans hésitation le lendemain, selon la recommandation déjà faite tant de fois (552).

2° Purgez les cylindres, conduits, pompes, bâches de condenseur ou de déversement, de l'eau qui pourrait y rester, surtout en hiver.

3° Si quelque pièce en se refroidissant ne peut subir librement son retrait, ayez grand soin de la desserrer, sinon craignez sa rupture.

4° Essuyez la machine en faisant attention à chaque pièce pour être assuré qu'il n'existe aucun commencement de désorganisation. Remettez en état les garnitures et les appareils graisseurs, mais ne remplissez ceux-ci que le lendemain au moment de reprendre la marche. Il importe que toutes les autres opérations se fassent le soir; l'expérience n'a que trop appris qu'on est souvent pris

au dépourvu en les remettant au lendemain matin, et qu'on s'expose à ne pas être prêt à reprendre la marche à l'heure voulue.

558. *Les approvisionnements du lendemain* sont encore une opération que pour la même cause il faut faire le soir.

Le combustible, ainsi que la graisse et l'huile pour la lubrification, sont des articles de consommation régulière dont il importe de connaître la dépense quotidienne. La quantité en est généralement fixée au mécanicien. Il se fait délivrer, à des époques périodiques, les allocations convenues; il veille à cette délivrance qui est constatée par un reçu. Quant aux articles tels que les matières à garnir les joints et à faire des réparations, ils se délivrent de la même manière à mesure qu'on en a besoin.

Dans les grands établissements où il y a plusieurs machines à vapeur, il y a nécessité, tant pour l'émulation entre les divers mécaniciens, que pour la tenue des comptes de dépense de l'usine, de tenir note de la consommation des appareils moteurs. A cet effet les mécaniciens sont chargés de tenir la comptabilité de leurs machines respectives. C'est encore un travail qu'ils doivent terminer à la fin du jour, avant de se retirer.

559. La *tenue de cette comptabilité* est d'ailleurs très-simple; elle se borne à énoncer dans les colonnes d'un tableau préparé d'avance la durée du service, la quantité des divers articles de consommation et le rapport très-sommaire des incidents de la journée, sauf à rédiger un rapport détaillé des incidents graves.

Voici un modèle de ce genre de tableau, lequel se remet au chef d'établissement toutes les semaines ou tous les mois. Il est fait ici pour une semaine.

### COMPTABILITÉ HEBDOMADAIRE DE LA MACHINE N° *11*.

MÉCANICIEN. *Giraud.* CHAUFFEUR. *Dulac.*

*Du* 1er *au* 8 *juillet* 1836.

| Date. | Nombre d'heures de service. | DÉTAIL des articles de consommation. Combustible reçu. | Suif. | Huile. | Minium à garniture. | Chanvre à garniture. | Chiffons pour le nettoyage. | OBSERVATIONS et indications sommaires des incidents de la journée. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | heu. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil | kil. | |
| 1 | 10 | 600 | 12 | 10 | 0 | 10 | 5 | *Rien de nouveau.* |
| 2 | 13 | 800 | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | *Une glissière a chauffé (voir le rapport spécial).* |
| 3 | 13 | 800 | 12 | 10 | 6 | 0 | 0 | *Rien de nouveau.* |
| 4 | 10 | 200 | 8 | 10 | 0 | 0 | 5 | *Rien de nouveau.* |
| 5 | 10 | 600 | 12 | 10 | 0 | 10 | 0 | *Rien de nouveau.* |
| 6 | 11 | 600 | 12 | 6 | 3 | 0 | 5 | *Un coussinet d'arbre de couche a été remplacé.* |
| 7 | 10 | 600 | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | *Une fuite s'est déclarée à quelques rivets de la chaudière.* |
| 8 | 13 | 400 | 10 | 10 | 2 | 0 | 0 | *Rien de nouveau.* |
| Total. | 90 | 4600 | 90 | 76 | 11 | 20 | 15 | |

560. *Le nettoyage* des machines à vapeur dans les usines a déjà fait l'objet de divers articles en la première partie de ce traité (voir n° 355). Nous y avons dit que ces machines devaient faire l'objet d'un entretien continuel ; que la poussière, le cambouis, l'oxydation, les épanchements d'huile ou d'eau doivent être enlevés à mesure qu'ils se forment. Une machine ainsi entretenue

n'a pour ainsi dire jamais besoin d'arrêter pour être nettoyée extérieurement. Certaines parties intérieures doivent au contraire être de temps en temps visitées et nettoyées. Ce sont en premier lieu la chaudière où le tartre s'accumule, en second lieu le cylindre à vapeur où l'huile et la poussière introduite malgré toutes les précautions forment un cambouis épais; la distribution qui se dérègle; enfin le condenseur et les conduits de vapeur sur le pourtour desquels il se dépose comme dans la chaudière une couche de tartre.

Par les purges et vidanges fréquentes que nous avons indiqués tant de fois, on éloignera les époques périodiques du nettoyage, mais il faudra tôt ou tard en venir à ces opérations.

Le talent du mécanicien devra s'appliquer à pouvoir marcher le plus longtemps possible avant que les arrêts ne deviennent nécessaires. Ce moment est d'ailleurs facile à apprécier; lorsque les fonctions de la machine deviennent pénibles sans apparence de désorganisation, il y a lieu de procéder à la visite des organes intérieurs; car il est probable que ces organes sont engorgés. Quand la vaporisation demande une grande consommation de combustible et que l'eau paraît troublée dans le tube-jauge ou au sortir des robinets d'essai, l'époque de nettoyer la chaudière est également arrivée.

#### § III. — Principaux accidents des machines fixes.

561. Parmi les accidents énoncés au chapitre V de la première partie, il en est plusieurs sur lesquels il importe de revenir et d'insister.

*Explosion de chaudières* (367) : bien qu'aucune machine

à vapeur ne soit par sa fixité même aussi facile à conduire et aussi exempte de cause d'accidents, que celles des manufactures, il est cependant constaté que nulle part il n'y a relativement autant d'explosions et de coups de feu ; nous rappellerons au mécanicien que :

1° C'est à la reprise du service, à la suite des arrêts pour le repas des ouvriers, que ces accidents arrivent le plus souvent, parce que l'eau a manqué pendant ce temps et que la surface de chauffe s'est découverte. Aucun moment de la conduite n'exige donc autant d'attention.

2° Quelque rigoureux que soit ce devoir, le mécanicien ne doit quitter la chaudière menacée d'explosion que lorsqu'il a tout fait pour conjurer le sinistre et écarté tous ceux qui peuvent en être victimes.

3° Le mécanicien doit visiter souvent la chaudière quand elle commence à compter quelques années de service, particulièrement dans les parties oxydées, exposées à la plus grande violence du feu, ou qui sont le siége habituel des accumulations de tartre, etc. Les rivures du dessous doivent être aussi soigneusement l'objet des visites.

562. L'*arrêt de la machine sans cause apparente*, bien que tout soit régulier dans l'appareil, est un accident très-fréquent dans les manufactures qui subissent tout à coup une grande augmentation du travail mécanique. Cela arrive par exemple dans les forges à laminoir, quand on présente au passage entre les cylindres de trop épaisses pièces de métal. Cela arrive encore dans les ateliers de construction, quand une partie notable des outils-machines ont à couper simultanément de trop forts copeaux. On pourrait multiplier ces exemples.

Quand la machine est ainsi arrêtée, que le mécanicien *se garde bien de la pousser*, c'est-à-dire d'augmenter sa

force, sans en avoir reçu l'ordre *exprès du chef* ou contre-maître des ateliers, car il pourrait ainsi causer dans les outils ou métiers de très-graves avaries, casser les cylindres du laminoir, briser les machines de l'atelier de construction, etc. C'est au chef ou contre-maître qui préside à ces appareils à prendre sur lui la responsabilité d'un excès de force que les circonstances peuvent demander ou défendre.

Que le mécanicien ne change donc rien à la réglementation du moteur, qu'il ferme au contraire le régulateur et qu'il empêche même la pression de monter au delà des limites habituelles, qu'il profite donc de ce moment où la pression est inutilement en excès pour alimenter la chaudière ou faire jouer les robinets de vidange si cela est nécessaire; sinon le seul parti à prendre est de rejeter au dehors une partie de la vapeur par le tuyau d'évacuation. Dans l'ignorance de ce qui se passe qu'il ne charge pas le feu. Bientôt la cause de l'arrêt aura été reconnue dans l'usine, et sur l'ordre qui lui sera donné le mécanicien reprendra sa marche normale.

563. *La machine s'emporte* (405) souvent dans les manufactures par une cause contraire à la précédente; cela arrive principalement par la rupture d'un arbre ou d'une courroie qui transmettent le mouvement.

Dans ce cas, arrêtez immédiatement la machine et soulagez la chaudière de son trop de vapeur, sinon redoutez une complication grave d'accidents dans les ateliers. Attendez, comme dans le cas précédent, pour reprendre la marche, l'ordre du chef des ateliers.

564. *Parmi les ruptures* (582 et suiv.) survenues dans les machines à vapeur fixes, nous devons signaler principalement celle du volant. C'est un accident des plus

redoutables; les fragments rompus de la jante s'échappent, on le sait, par la tangente au cercle de roulement ; elles sont projetées au loin en renversant tout sur leur passage, lorsqu'elles ne sont pas retenues dans la cage de madriers dont nous avons parlé au n° 517.

Dès qu'une rupture commence, soit dans un volant, soit dans un des engrenages de la transmission, arrêtez la machine sans délai et ne reprenez le service qu'après avoir consolidé les parties menaçantes, d'une manière assurée.

565. *La vaporisation des chaudières* établies à demeure dans les usines est souvent *fort difficile* (371). Outre les causes qui peuvent produire cet accident dans tout générateur, tels que les eaux saturées, l'accumulation du tartre, etc. ; les cheminées d'usines manquent souvent de tirage par l'effet des circonstances atmosphériques. Ce fait est bien connu, même pour les cheminées d'appartement; on sait qu'en temps de neige, dans les grandes chaleurs d'été, et quand le soleil ou le vent frappent sur le faîte de la cheminée, elles tirent moins qu'à l'ordinaire et même quelquefois la fumée se répand hors du foyer.

C'est pour cette raison qu'on a dû donner aux cheminées d'usines de plus fortes dimensions que celles qui seraient nécessaires dans les circonstances habituelles. Si elles ne suffisent pas en tout temps à l'activité de la vaporisation elles sont évidemment trop basses, et c'est le cas ou de les élever, ou d'y lancer, dans ces circonstances exceptionnelles, un jet de vapeur par un tuyau pris sur la chaudière et forçant le courant d'air.

Dans tous les cas on devra conduire avec beaucoup de soin le feu dans le foyer, et ne rien négliger pour y maintenir la chaleur aussi uniforme que le permettent les charges de combustibles.

## CHAPITRE II.

### Machines locomotives.

566. L'idée de faire rouler des voitures et chariots sur deux bandes de fer, afin de diminuer la résistance à la traction, est ancienne (1) ; mais ce n'est que vers 1805 qu'on y appliqua la vapeur, et qu'on sentit le besoin de généraliser ces nouvelles voies de transport. C'est dans le nord de l'Angleterre que furent établis les premiers railways à vapeur.

Les machines à vapeur peuvent être appliquées de deux manières à la traction sur les rails : le premier système est celui des *remorqueurs fixes* établis à demeure sur un point de la ligne pour tirer ou *haler* les voitures

(1) On a souvent entrepris de faire rouler des chariots à vapeur sur les routes ordinaires. Newton et Bacon en ont eu, dit-on, l'idée. Cugnot et M. de Gribauval firent, sous le règne de Louis XIV, le premier véhicule de ce genre qui soit jusqu'ici connu ; il existe encore au conservatoire des arts et métiers, à Paris. Montgolfier en fit un autre plus tard ; vers 1830, M. Dietz en a fait voyager un en service régulier de Paris à Versailles. En Angleterre il en a été construit un grand nombre avant et depuis cette époque.

à l'aide d'un câble. Le railway de Londres à Blackwall a longtemps fonctionné ainsi. Ce mode s'emploie encore pour gravir des rampes rapides; il existe auprès de Liége, en Belgique, pour monter une rampe de 3 centimètres par mètre sur 6 kilomètres de long. Dans les exploitations des mines et carrières, on en voit aussi de fréquents exemples.

A Saint-Germain, près Paris, au lieu d'un câble, il existe un tube atmosphérique (1) dans lequel une pompe à air, mue par une machine fixe, aspire un piston qui est relié au convoi et l'entraîne avec lui. On attribue à l'ingénieur anglais Samuda l'invention de ce système, qui a été exécuté en Angleterre pour la première fois entre Londres et Croydon.

567. *Le mode de conduite et d'installation* de la machine à vapeur, appliquée aux chemins de fer dans ces systèmes, n'exige aucuns développements nouveaux. C'est une machine fixe qui travaille par intervalle à des heures régulières.

Le point capital dans la conduite sera de :

1° Maintenir la marche de la machine uniforme, afin que le train soit tiré sans secousses; car celles-ci pourraient le faire dérailler.

2° Faire dormir le feu dans les temps d'arrêt par la fermeture des registres de cheminée et porte des cendriers, ainsi que par l'ouverture de la porte du foyer, afin que la vapeur ne prenne pas dans la chaudière une pression de nature à soulever les soupapes; autrement,

---

(1) Voyez sur le mérite comparé des locomotives et du système atmosphérique, la note de M. Barlow et la discussion aux ingénieurs civils de Londres, en mars, février et avril 1845

il se perdrait sans but une grande quantité de vapeur.

3° Rétablir l'activité des feux, et préparer la mise en marche de la machine, de manière à être prêt à partir au premier signal sans causer de retard au train.

568. Le second moyen d'opérer la traction sur les chemins de fer est celui *des locomotives*, ce sont des machines à vapeur qui se portent elles-mêmes avec leur chaudière, leur approvisionnement et leur conducteur; leur organe propulseur n'est autre que les roues qui servent aussi à la porter, et que mettent en rotation le mécanisme. Primitivement, ces roues avaient leur jante garnie de dents, qui, s'engrenant entre celles d'une crémaillère fixée le long de la voie, produisaient un mouvement facile à concevoir. En 1825, Blakett prouva qu'en faisant rouler une roue à jante unie sur un rail uni lui-même, on obtenait entre eux, par suite du poids propre de la machine, une adhérence habituellement suffisante, eu égard à la force de traction de la machine pour traîner des charges considérables.

En 1829, la compagnie du chemin de fer de Liverpool à Manchester ouvrit un concours entre les constructeurs, pour l'adoption du meilleur système de locomotives à employer (1). Dans cette lutte célèbre, qui peut être regardée comme le vrai point de départ du développement des chemins de fer, ce fut Georges Stephenson qui obtint le prix (2). Sa machine se distinguait principalement par l'emploi de la chaudière à tubes de M. Seguin, ingénieur français.

(1) Voyez l'*Histoire des machines locomotives*, par Nicholson; le *Guide du mécanicien conducteur* par Lechatellier, Flachat, Petiet et Polonceau.

(2) G. Stephenson est le père de Robert Stephenson, l'illustre constructeur de Newcastle.

Depuis cette époque, la voie, comme la locomotive, n'ont subi que des modifications de détail, sur lesquels nous appellerons l'attention du lecteur en examinant les diverses parties dont se compose cette machine. Faire son histoire complète serait raconter les travaux de presque tous les ingénieurs de chemins de fer ou constructeurs qui se sont succédé dans l'industrie depuis un demi-siècle.

A la suite de ce concours le continent d'Europe et l'Amérique se couvrent de chemins de fer. En France, les lignes de Strasbourg à Bâle et de Paris à Saint-Germain et Versailles, sont les premières où tout est établi en vue d'une large exploitation; en 1842 s'ouvre la ligne du Nord, la première grande voie atteignant nos frontières, et la première aussi qui ait tiré des usines françaises l'intégralité de son immense matériel.

A la même époque l'Europe se couvre aussi d'ateliers de construction de locomotives. En Angleterre; Stephenson, Sharp, Murray et Jackson, Hawthorn, Tayleur, Hic, Bury, Gooch et Brunel, construisent des locomotives en fabrication courante et fournissent à tous les pays leurs types.

En Belgique, Cockeril et Poncelet, Kœsler à Carlsruhe, Borsig et Volhert, en Prusse, Gunther et Haswel, en Autriche, donnent un vaste essor à la construction de ces machines.

En France nos premières locomotives sortent simultanément des ateliers de Schneider, Stehelin, Kœchlin et Cavé. La plupart existent encore. Vers 1842 Cail et Gouin fondent pour cette spécialité de machines leurs ateliers, d'où sont sortis la plupart des types actuellement employés sur nos lignes.

569. Depuis le concours de Liverpool l'histoire de la locomotive compte deux époques principales de progrès. En 1846, Crampton, ingénieur anglais, introduit dans la locomotive un ensemble de dispositions nouvelles en vue d'accélérer sa vitesse et de simplifier sa construction comme son entretien. Froidement accueilli en Angleterre, l'auteur doit à l'initiative de M. Petiet et de la compagnie du chemin de fer du Nord, en France, ainsi qu'à la collaboration de M. Houël, la propagation de son système dans toute l'Europe.

En 1852 un concours, comme celui de Liverpool, est ouvert en Autriche pour la construction de locomotives capables de remorquer les trains sur le chemin très-accidenté du Sœmering. De ce concours est sorti la locomotive Enguerth, dont nous parlerons, et qui a été, comme celles de Stephenson et de Crampton, le point de départ de diverses innovations.

On a contesté à Crampton et à Enguerth la priorité des dispositions employées dans leurs systèmes, et on a dit que leur mérite consistait à avoir su emprunter de côté et d'autre ces dispositions : nos propres recherches ont conduit à reconnaître qu'en effet, divers projets tendant au même but avaient été présentés antérieurement; M. Enguerth l'a reconnu avec loyauté, en publiant les projets du concours où il a triomphé, et parmi lesquels on en trouve un de M. Tourasse, ingénieur français, de même que parmi les projets de locomotives à grande vitesse antérieurs à Crampton, nous en trouvons un de M. Sangnier, alors chef des ateliers du chemin de fer d'Orléans. (Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement* en 1853.)

Mais, à ce compte, Stephenson non plus ne serait pas inventeur, et cependant dans l'opinion commune des in-

génieurs impartiaux les trois noms de Stephenson, Crampton et Enguerth seront toujours liés au souvenir du progrès des chemins de fer; car si c'est un mérite d'inventer, c'est un autre mérite aussi que de savoir doter l'industrie de machines nouvelles, en ramassant des systèmes encore incomplets, auxquels on donne, pour ainsi dire, la vie qu'ils n'avaient pas.

370. Terminons sur ce point en résumant sommairement les principaux faits de l'histoire des locomotives.

L'origine des chemins de fer est ancienne et incertaine, mais on est porté jusqu'ici à la croire anglaise.

En 1804, première locomotive sur le chemin de fer de Merthir-Tydwil, par Trevithick et Vivian.

1811. Locomotive à roues dentées engrenant avec une crémaillère fixée à la voie, par Blenkinsop.

1813. Blaket démontre le principe de l'adhérence des roues unies sur rails unis et l'inutilité des engrenages de Blenkinsop.

1815. George Stephenson fait la première locomotive qui ait réellement fait un service suivi, bien qu'elle s'éloigne encore du système actuel.

1823. Création du premier chemin de fer français entre Saint-Étienne et Lyon, à travers de grandes difficultés de terrain, par Seguin, qui fait construire par Tourasse et par Verpillieux diverses locomotives.

1825. Seguin invente la chaudière tubulaire, qui est devenue l'âme de la locomotive.

1827. Wood et Tredgold publient en Angleterre les deux premiers traités sur les chemins de fer.

1829. Concours de Liverpool. Stephenson obtient le prix. Sa locomotive emprunte à Trevithick le système à action directe; à Blenkinsop, les deux cylindres conju-

gués; à Seguin, la chaudière tubulaire, et à divers brevets expirés l'injection de vapeur dans la cheminée.

En 1835, Traité des locomotives du comte de Pambour, premier ouvrage français.

1836. Expériences du comte de Pambour sur la résistance à la traction des trains et machines.

1840. Publication du *Guide du conducteur des locomotives*, par Petiet et Flachat, ouvrage plein de documents pratiques, et qui a rendu les plus grands services.

1846. Locomotive Crampton et innovations diverses dans le détail de la machine : chaudière simplifiée, prise de vapeur extérieure, roues motrices à l'arrière déjà proposées par Sangnier en 1843, distribution de vapeur avec excentrique sur une manivelle en porte à faux.

1851. Publication du nouveau *Guide du constructeur et du conducteur de locomotives*, par Lechatellier, Flachat, Petiet et Polonceau. Ce traité est le plus complet qui ait encore paru sur la matière; ses quatre auteurs, soit par leurs travaux personnels, soit par leur initiative à patronner diverses innovations utiles, sont au premier rang des bienfaiteurs de l'industrie des chemins de fer. Les locomotives de Flachat, Polonceau, Forquenot et Buddicum, sont des types partout adoptés et bien connus, qui doivent être cités ici à côté de ceux de Sharp, Bury, Brunel et Stephenson, également bien connus.

L'histoire des locomotives nous offre deux derniers faits importants :

En 1852, nouvelles expériences sur la résistance à la traction des trains par MM. Morin, Sauvage et Poirée.

En 1853, concours du Sœmering, en Autriche, d'où sort la locomotive Enguerth, construite à Seraing et à Eslingen. Le Creusot l'a construit en France le premier,

mais c'est encore à l'initiative de MM. Petiet et Sauvage qu'on doit son emploi sur les lignes françaises pour les lourds trains de marchandises.

Avant d'étudier la locomotive, examinons les conditions que doivent remplir pour elle le train et la voie.

## SECTION PREMIÈRE.

### CONDITIONS DE LA VOIE DES CHEMINS DE FER POUR LA TRACTION.

571. La voie la plus généralement admise en Europe se compose de deux rails ou bandes en fer dur laminé, dont la forme, dite à double champignon, se rapproche de celle qui est connue dans le commerce sous le nom de fer à double T. Ces rails reposent sur des *traverses* en bois espacées d'environ 1 mètre, et enterrées dans du sable ou *ballast* qu'on pilonne fortement autour et en dessous, afin de les incorporer, pour ainsi dire, au sol. Le rail est retenu sur la traverse à l'aide d'une espèce d'agrafe nommée *chaire ou coussinet*, clouée à la traverse par deux chevilles; il y est *coincé*, c'est-à-dire pincé et retenu immobile par le secours d'un fort *coin* de bois dur à *droit-fil*, qu'on y chasse à coups de marteau.

Les rails sont écartés entre eux de 1,44; ils ont de 4 à 6 mètres de longueur; ils pesaient à l'origine à peine 12 à 13 kilogrammes par mètre courant; ils ont aujourd'hui au moins de 37 à 38 kilogrammes. Telles sont les voies ordinaires de la Grande-Bretagne et du continent.

Un petit nombre de lignes font cependant exception, soit par la forme ou la pose des rails, soit par la largeur de la voie. Ainsi, le chemin de Gand à Anvers, en Belgique, n'a que $1^{m},10$ d'écartement entre les rails, quoique les wagons soient fort grands. Le Great-Western railway,

ligne de Londres à Bristol établie par Brunel, a 2m,16 d'écartement (1); les rails reposent non sur des traverses, mais sur des longrines ou même sur le sol, par un large empatement, selon le système *Barlow*. La petite ligne de Paris à Auteuil est établie sur longrines; quelques anciens chemins ont les rails posés sur des pierres ou des plateaux de fonte de diverse forme remplaçant les traverses. Mais ces exceptions sont rares, et, grâce à l'uniformité de voie adoptée dans la Grande-Bretagne comme sur le continent, toute ligne pourrait, en cas de besoin, faire circuler son matériel d'un bout de l'Europe à l'autre.

572. De longues discussions se sont élevées et ont retenti jusque dans l'enceinte du parlement anglais *sur la largeur* qu'il convenait de donner aux voies de chemin de fer. Les hommes les plus illustres dans la mécanique et l'économie sociale ont apporté leur sentiment.

Les premiers eussent préféré la voie large pour augmenter la dimension des locomotives et des voitures; les économistes l'ont repoussée au point de vue économique: la question n'est guère plus avancée. Ce qui est constant aujourd'hui se résume à trois points que voici :

1° Le matériel, la voie et l'exploitation des chemins de fer existe dans le monde entier sur un type à peu près uniforme, qui pouvait être mieux choisi à l'origine, mais qu'il n'est plus temps de transformer, et qu'il faut accepter comme un fait accompli.

2° L'uniformité dans le matériel, la voie et le mode

(1) Les locomotives y sont d'une extrême puissance et les voitures très-vastes.

d'exploitation, tel est le point capital où doivent se diriger toutes les tendances.

3° Il est difficile de prévoir quel sera le trafic ultérieur des chemins de fer; mais tout fait présager qu'en donnant aux locomotives la plus grande force permise par les dimensions actuelles de la voie, en perfectionnant la consolidation de celle-ci, et peut-être en augmentant le poids des rails, on pourra, même sans trop multiplier le nombre des trains, satisfaire à tous les besoins du commerce et des voyageurs.

(Voyez le résumé de l'enquête au parlement sur la voie et les locomotives, en réponse aux questions des commissaires, par Stephenson, Trevithick, Locke, Brunel, Gooch, etc. Extraits de documents anglais, par Lorentz, mémoire XV. Bulletin des ingénieurs civils de Paris, année 1849.)

573. Connaître *le profil de la voie* et surtout l'état des rampes et des courbes, tel doit être le premier soin quand il s'agit de construire un matériel, et des locomotives en particulier.

On comprend combien serait avantageuse, au point de vue de la traction, une voie sans courbes ni rampes; c'est en principe ce que cherche l'ingénieur chargé de tracer un chemin de fer. Sans doute, l'industrie a des moyens de franchir les courbes et les rampes les plus prononcées; mais ces moyens sont peu conciliables avec le service courant d'une grande ligne largement exploitée.

Aligner et niveler la voie, fût-ce au prix d'onéreux frais de premier établissement, tracer la route sans lésiner, telle est la formule que proclament, en matière de railway, tous les hommes d'expérience; les frais de premier établissement ne se payent qu'une fois, les embarras

d'exploitation qui s'augmentent par l'inopportune économie apportée dans le tracé, se renouvellent chaque jour et durent autant que la ligne.

Éviter absolument les courbes à courts rayons et les rampes rapides est souvent condition impossible. L'ingénieur fera de son mieux pour concilier les intérêts de la traction avec les conditions du terrain.

Dans le principe, les voies de fer ne dépassaient pas 2 à 3 millimètres d'inclinaison par mètre. Aujourd'hui, les rampes de 1 centimètre et les courbes de 800 mètres ne sont pas rares, même en France et en Angleterre où les lignes ont été plus largement établies que partout ailleurs. Toutefois, les rampes de 5 millimètres et les courbes à rayon de 1000 mètres sont les conditions habituelles dont on ne dévie que par exception.

On tend cependant de nos jours à trop compter sur la puissance que peuvent recevoir les locomotives pour desservir des voies fortement accidentées; nous craignons que ce ne soit une faute, et que ces railways, économiquement tracés, ne soient remaniés dans l'avenir comme le sont sous nos yeux les anciennes routes de terre tortueuses ou montueuses qu'on nivelle aujourd'hui.

574. Dans le tracé de la voie, *les neuf conditions suivantes* sont demandées, autant que possible, pour le bon service des locomotives.

1° Entre des rampes de rapidité moyenne, prolongées sur un grand parcours et des courtes rampes rapides, la préférence ne peut être douteuse dans l'intérêt des locomotives : en prenant de l'élan, le mécanicien fera, presque sans y penser, parvenir son train au haut d'une rampe de 6 à 8 millimètres sur 1 ou 2 kilomètres de long;

tandis qu'il lui faudra beaucoup d'efforts pour maintenir sa vitesse et sa pression de vapeur sur une rampe de 4 millimètres prolongée pendant 10 à 12 kilomètres.

2° Jamais une rampe descendante ne doit immédiatement suivre une rampe ascendante, ou réciproquement; il faut qu'entre tout mouvement de terrains, il existe toujours un *palier* ou chemin horizontal, égal en longueur aux plus longs convois. Autrement on risque de voir le milieu du train se soulever et dérailler, étant poussé par la queue descendante et retenu par la tête qui ralentit sa marche en montant.

3° Les rampes et contre-rampes doivent être signalées au mécanicien par des poteaux indicateurs, à moins que ces mouvements de terrains soient peu sensibles ou très-visibles.

4° Dans les courbes, le rail extérieur est toujours plus relevé que l'autre, afin de compenser l'effet de la force centrifuge.

5° On doit éviter de couper la voie principale, que suivent ordinairement les trains lancés en vitesse, par des croisements de ligne, des ponts volants ou des plaques tournantes qui peuvent se déranger au passage des trains, et qui lui causent d'ailleurs des secousses, sinon dangereuses, du moins très-nuisibles à la conservation du matériel. Quant aux aiguilles, qui permettent au train de passer d'une voie sur une autre, on sait qu'elles sont aujourd'hui disposées de manière que le convoi n'y entre jamais qu'en reculant. Les mesures comprises dans ce paragraphe ne peuvent souffrir d'exception que dans le voisinage des grandes stations, où le train n'entre forcément qu'avec une très-faible vitesse.

6° Les travaux d'art établis au-dessus de la voie, tels que

les ponts et tunnels, doivent être assez élevés pour que les locomotives puissent passer sans qu'on soit forcé de trop abaisser leur cheminée. En France, la hauteur minima des travaux d'art est de $4^m,30$ au-dessus des rails : espérons qu'on élargira plus tard cette limite, qui devient très-gênante avec la force qu'on est obligé de donner aujourd'hui aux locomotives.

7° Les endroits qui exigent un surcroît de prudence et d'attention de la part du mécanicien doivent lui être annoncés par des signaux faisant connaître si la voie est libre ou non. Ces signaux doivent précéder les points protégés, de façon que le train, quelle que soit sa vitesse, puisse être arrêté 500 mètres au moins avant de l'atteindre. Ceci s'applique aux passages à niveaux, aux tunnels, aux grands viaducs, au lieu où des ouvriers travaillent sur la voie, mais surtout aux stations; il importe que le mécanicien puisse y entrer avec assurance; qu'elles lui soient annoncées d'avance par un signal connu qui lui donne le temps de préparer son arrêt, et qu'il sache le point précis du quai où il doit faire halte.

8° Toute cause d'arrêt sur les rampes doit être évitée; la machine une fois lancée sur une rampe continue aisément sa marche; mais pour démarrer ou arrêter sur une rampe, il faut déployer un effort énorme. Ceci s'applique encore spécialement aux stations. Elles doivent en principe être sur palier, précédées d'une rampe ascendante pour faciliter l'arrêt par l'action de la gravité, et suivies d'une rampe descendante pour aider le train à se lancer.

9° Les rampes à gravir et les courbes à court rayou dans le voisinage trop immédiat des stations sont encore deux circonstances très-défavorables à la traction.

575. *L'endroit de la station* où la machine doit s'arrêter exige quelques dispositions particulières :

1° L'appareil hydraulique servant à remplir les caisses à eau qui accompagnent la machine, doit être installé de façon que, sans dételer et sans aucune manœuvre, l'emplissage puisse avoir lieu sur-le-champ.

2° Au pied de cet appareil doit exister une cuve pleine d'eau propre, où l'on puise quand il faut rafraîchir un essieu ou une pièce frottante quelconque qui chauffe.

3° Entre les rails, il doit être ménagé une fosse munie aux deux bouts d'escaliers, afin que le mécanicien puisse pénétrer aisément sous la machine et le tender pour les inspecter. Sa profondeur est de $0^m,80$ à 1 mètre; sa longueur égale celle d'une machine entière; le fond doit être pavé, légèrement incliné et muni d'un puisard, afin qu'il n'y séjourne ni eau ni boue.

4° Les abords de la fosse et de l'appareil hydraulique doivent être libres et dégagés, de 2 mètres au moins, afin que le mécanicien puisse visiter et soigner facilement sa machine. Point de quai élevé en cet endroit, point de talus ni fossé, si ce n'est à la distance de $1^m,50$ au moins.

5° Le sol environnant doit être pavé ou au moins battu et pourvu de ruisseaux et rigoles, particulièrement autour de l'appareil hydraulique, afin que l'eau de cet appareil et la pluie n'y séjournent pas.

6° Enfin, il doit exister, à proximité de la fosse, un quai, ordinairement en planches, monté sur tréteaux pour contenir une provision de combustible supplémentaire lorsque la machine est menacée d'en manquer : ce quai doit, toutefois, être établi de manière à ne pas gêner l'abord de la machine.

576. *Sur l'entretien de la voie* nous dirons seulement

qu'elle doit être dressée avec soin, non-seulement pour la sécurité des voyageurs, mais aussi pour la conservation du matériel et pour réduire l'effort de traction. Les frais sur ces deux articles peuvent varier du simple au triple et au delà, suivant l'état de la voie.

Quand les rails sont mal dressés, il en résulte des cahots et un mouvement latéral alternatif connu sous le nom de *lacet*.

Quand la voie est mal assise et les traverses mal bourrées, le train éprouve des sauts verticaux et un mouvement de bas en haut analogue à celui qu'on éprouve sur un cheval au *galop*.

Ces deux mouvements, non-seulement augmentent de beaucoup l'effort de traction, mais ils exposent les voitures et la machine à *dérailler*, c'est-à-dire à sauter hors de la voie.

Il importe donc, dans l'intérêt de la traction, que la voie soit bien entretenue, et réciproquement l'ingénieur de la voie doit exiger que le matériel soit en bon état, les voitures et les machines exemptes de mouvements anormaux, tels que lacet, tangage, galop; les roues exemptes aussi de ces plats ou facettes qui proviennent de l'usure; les roues maintenues à leur écartement normal; car toutes ces causes dégradent la voie et produisent fréquemment la rupture des rails, particulièrement vers les coussinets de joint et dans les croisements.

Le ballast qui entoure les rails et les traverses n'est pas non plus indifférent pour l'entretien du matériel; il faut éviter, s'il se peut, celui qui, étant de nature quartzeuse, reste pulvérulent, parce que la poussière qui s'envole dans le mécanisme corrode les articulations et les use rapidement.

## SECTION DEUXIÈME.

### DES TRAINS ET WAGONS.

#### § I — Wagons.

577. Les transports sur chemins de fer s'effectuent à l'aide de voitures contenant de 20 à 30 places, nommées *wagons*, et qu'on attèle, en nombre voulu, l'une à la suite de l'autre derrière la locomotive qui les remorque. On a parfois fait usage, particulièrement pour transporter les voyageurs, d'un seul et vaste wagon de 100 à 150 places; mais le premier système est seul généralement suivi en Europe.

Dans un wagon, il faut distinguer la caisse, l'attelage, le roulement, la suspension et le frein. Nous parlerons de ce dernier à l'article des locomotives. La *caisse* est l'emplacement occupé par les voyageurs ou les colis; nous n'avons pas à nous en occuper. L'*attelage*, le *roulement* et la *suspension* intéressent seuls notre sujet.

578. L'*attelage* est la partie par laquelle les wagons s'attachent mutuellement pour composer un train. C'est sur l'attelage que s'opère l'effort de traction, ainsi que le refoulement et les chocs qui peuvent survenir.

L'attelage se compose, dans chaque wagon, d'un très-fort châssis formé de deux longrines, soit en fer, soit en bois de chêne ou d'orme droit-fil, reliées par des traverses et fortifiées par deux pièces croisées, dites *croix de Saint-André.*

Dans les wagons grossiers, les traverses qui relient les longrines à leurs extrémités portent en leur milieu un crochet, et c'est par ces crochets, à l'aide de simples chaînes à gros anneaux, qu'on attèle les wagons. Les

longrines elles-mêmes se terminent aux deux extrémités en dehors de la caisse par des *heurtoirs* garnis de cuir et même de simples tresses de paille.

Les voitures plus perfectionnées portent au bout des deux longrines un *tampon de chocs* à ressort; l'attelage, au lieu d'être rigidement attaché à la traverse, tire sur un *ressort de traction*. Tantôt les trois ressorts sont distincts, tantôt il n'en existe qu'un seul; la traction s'opère en son milieu, les tampons de chocs portent par leur tige sur les extrémités.

379. La forme des crochets et chaînes d'attelage, des tampons de chocs et des ressorts de traction a beaucoup varié (voir le *Guide du constructeur de locomotives* (570) et l'*Album* de M. Cornet). Mais, quel que soit le système admis, il peut être posé six principes généraux :

1° Que l'attelage ne prenne jamais son point d'appui sur la caisse du wagon, mais dans le châssis seul dont il vient d'être parlé.

2° Que la traction n'ait lieu que par l'axe du train, c'est-à-dire par une seule chaîne ou tige, tirant par le milieu du châssis. Il existe en outre une ou deux chaînes, dites de sûreté, pour continuer à tirer les voitures, si la chaîne ou barre d'attelage proprement dite se brisait : il importe alors que ces chaînes, s'il y en a plusieurs, soient exactement de même longueur et à égale distance de l'axe du train. On les a placées tantôt près de la barre de traction, tantôt près des tampons de chocs pour être plus à portée de les détacher. Le premier système n'expose pas le train à être tiré de côté par une seule chaîne en cas de rupture de l'autre, mais il gêne la manœuvre des barres d'attelage.

3° Les tampons de chocs doivent se toucher en marche

comme au repos (art. 22 de la loi de 1846 sur les chemins de fer) ; autrement, les voitures prennent ce mouvement latéral de balancement qu'on nomme *lacet.* Il suffit, pour faire toucher les tampons, de rapprocher suffisamment les voitures à l'aide de la barre d'attelage qui, dans ce but, porte un taraudage ou un organe quelconque pour la raccourcir ou l'allonger à volonté.

4° Les tampons et les attelages de toutes les voitures doivent être exactement à la même hauteur, et symétriquement placés dans toute la longueur du train.

5° L'attelage, les tampons et le châssis doivent être solides, de manière à résister aux chocs par traction et par refoulement qui surviennent accidentellement dans les services les mieux organisés.

6° L'attelage doit offrir entre chaque voiture une certaine élasticité, afin que chacune démarre seule et successivement. On comprend en effet que, sans cette précaution, les locomotives auraient à vaincre au démarrage une énorme résistance. Ce but se trouve atteint naturellement avec les tractions à ressorts; mais quand l'attelage a lieu par des chaînes, on a soin de leur laisser assez de jeu afin de parvenir au même but.

(Voyez, sur les ressorts de traction, les mémoires de M. Bournique, Hovine et de Bonnefoy, à la Société des ingénieurs civils de Paris, 7e année.)

580. *Roulement des wagons.* Comme toutes les voitures roulantes, les véhicules de chemin de fer sont montés sur plusieurs paires de roues.

La différence essentielle qui les a distingués jusqu'ici des roues de voitures sur routes de terre est que dans celles-ci l'essieu est fixe et les roues libres autour de la fusée qui traverse leur moyeu ; les roues de chemins de

fer font au contraire corps avec leur essieu, et c'est celui-ci qui, en même temps que les roues, tournent dans des paliers faisant partie de la voiture, de la même façon que tournent sur eux-mêmes les arbres de couches de machines fixes et bateaux à vapeur.

Cette incorporation des roues aux essieux a été jusqu'ici motivée par le peu de saillie qu'on est forcé de donner aux moyeux, et par la crainte de laisser *voiler*, c'est-à-dire osciller verticalement, la roue sur sa fusée usée. On simplifierait assurément bien des choses dans le matériel des chemins de fer si l'on pouvait leur appliquer le système des roues libres consacré depuis tant de siècles sur les routes de terre; mais c'est une innovation que nous sommes bien loin d'oser proposer, tant l'état actuel des voies et des gares offre de difficultés.

581. Il existe de très-nombreux systèmes de roues, essieux et boîtes à graisse ou à huile. Outre les roues à rais de fer méplat, entourées d'un fort cercle de roulement, qu'on voit sur nos lignes françaises, on emploie à l'étranger des roues pleines en bois-debout, en tôle et en fonte. Les expositions générales de 1851 et 1855 en ont offert une multitude de types que nous ne pouvons pas relater.

Les roues où il entre du bois réussissent peut-être en Angleterre, mais elles ne résistent pas en France aux grandes variations extrêmes de la température.

Les roues de fonte ne sont tolérées sur nos lignes françaises par les ordonnances que pour le service des marchandises. Mais les roues de fonte cerclées en fer peuvent être tolérées pour les trains mixtes ne dépassant pas la vitesse de 25 kilomètres à l'heure.

Les roues pleines, en tôle ou en fer forgé, usitées au

delà du Rhin, ne sont encore en France qu'à l'état d'essai. Les seuls résultats que nous ayons encore pu connaître ont été obtenus sur les roues en tôle de M. Amable Cavé. En voici le résumé. (Voyez *Génie industriel* d'Armengaud, année 1854, et rapport de M. Baude à la Société d'encouragement, année 1855.)

*Expériences comparatives sur une roue ordinaire et une roue en tôle de A. Cavé.*

| NUMÉROS des expériences. | DÉNOMINATION des roues essayées | POIDS de la roue. | PRESSION dans le sens perpendiculaire à l'axe. | FLEXION. | DÉFORMATION après la charge. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | kilog. | kilog. | millim. | millim. | |
| 1 | Roue ordinaire à rais sans bandage. . . . | 150 | 8511 | 1 | 3/4 | |
| 2 | Roue Cavé sans bandage, pour le Nord. | 147 | 82747 | 1 | 0 | Il y avait 2 évidements dans les disques de tôle. |
| 3 | Roue ordinaire à rais avec bandage. . . . | 310 | 27431 | 1 | 3/4 | |
| 4 | Roue Cavé avec bandage, pour le Nord. | 307 | 91746 | 1 | 0 | Il y avait aussi 2 évidements dans les disques. |
| 5 | Roue Cavé avec bandage, pour Lyon. . | 310 | 108283 | 0 | » | On n'a pu continuer la pression, la presse n'étant pas assez forte |

Le principal avantage de ces roues est, comme dans toute roue pleine, de produire sur toute la circonférence une égale résistance à l'écrasement. Étant considérablement plus résistantes à poids égal, elles pourront être très-allégées.

On trouvera, sur la fabrication et la forme des roues, tous les développements désirés dans les ouvrages spé-

ciaux sur les chemins de fer et les recueils périodiques; ce que nous avons pour notre part à examiner comprend : le nombre des roues, leur diamètre, leur écartement sous les véhicules et la résistance qu'elles engendrent à la traction.

582. *Le nombre des roues* dépend du poids du wagon. Celui-ci n'est limité que par la résistance des rails. Or les rails actuels de 37 à 38 kilogrammes au mètre courant, montés sur traverses espacées de $0^m,80$ à 1 mètre, supportent le poids des locomotives dont les paires de roues sont chargées de 12 à 13 tonnes; au delà la voie se détruit en peu de temps. Tel serait dans l'état actuel des chemins de fer le poids maximum qui limite la charge des roues de wagons, pourvu que les essieux, les fusées, les jantes et raies de roues soient suffisamment forts pour résister à ces charges.

Dans la pratique actuelle des chemins de fer, afin de ménager la voie, on ne dépasse guère la charge de 7 à 8 tonnes par paire de roues ordinaires ayant des fusées longues de 0.15 sur 0,07 de diamètre; soit donc $P = 140$ tonnes le poids à transporter sur wagons, soit 7 tonnes la charge normale assignée par essieu, le nombre $n$ de roues voulu sera

$$n = \frac{140}{7} = 20 \text{ paires de roues,}$$

ce qui fera 10 wagons à 4 roues ou 7 wagons à 6 roues.

Soit de même à transporter sur un chemin de fer une charge de 28 tonnes, par exemple une grosse pièce de machine, on devra lui construire un wagon ayant $\frac{28}{7} = 4$ paires de roues.

383. *L'écartement des essieux extrêmes* est limité par la possibilité de franchir les courbes sans trop de frottement. Si la voie était en droite ligne, ou si les roues, l'une des deux paires au moins, avaient, comme les voitures des routes de terre, la faculté de pivoter autour d'un axe, l'écartement des essieux extrêmes n'aurait pour ainsi dire pas de limite ; mais les essieux conservent forcément une position parallèle qui fait frotter le rebord ou moutonnet des roues, contre le côté du rail dans les courbes à faible rayon. Plus est grand l'écartement des essieux, plus il est aisé de comprendre qu'ils auront de frottement. Aussi a-t-on cherché à rendre les essieux de wagons pivotant à la façon de ceux des voitures de terre. On peut étudier la solution du problème par M. Arnoux sur le chemin de fer de Sceaux et Orsay, près Paris. En Belgique, en Allemagne et en Amérique on fait aussi usage de véhicules à roues mobiles.

Sur les grandes lignes anglaises et françaises, les courbes ne descendent généralement pas au-dessous de 800 mètres de rayon ; elles peuvent être assez facilement franchies, même en grande vitesse, par des wagons dont les essieux extrêmes sont écartés de $3^{m}.40$. L'écartement des essieux extrêmes des voitures à 3 paires de roues de la ligne de Lyon, égale à la vérité 4 mètres, mais les plus petites courbes ont 1000 mètres de rayon, et il résulte des expériences de Poirée que leur frottement n'influe pas sensiblement sur la résistance à la traction.

*L'écartement latéral* des roues est limité par l'écartement des rails : celui-ci égale $1^{m},44$ intérieurement sur les lignes ordinaires ; il faut en outre laisser 1 centimètre de jeu, plus l'épaisseur des boudins des roues, laquelle est de 3 centimètres pour chaque roue ; l'écar-

tement latéral entre les roues est donc réduit à $1^m,37$.

58 f. *Le diamètre des roues des wagons* intéresse au plus haut point la traction. On a vu (54) pour les voitures de terre que la résistance à leur entraînement croissait, suivant M. Morin, en raison inverse du diamètre des roues. Mais il résulte des expériences plus récentes (1) de MM. Poirée et Sauvage, faites en collaboration avec M. Morin lui-même, que, du moins pour les wagons, la résistance à la traction ne croît qu'en raison inverse de la *racine carrée du diamètre* des roues. Quoi qu'il en soit, il y a donc, au point de vue de la traction, tout avantage à adapter de grandes roues aux wagons de chemins de fer. Il résulte, en effet, du mémoire de M. Poirée, qu'en portant le diamètre des roues de $0^m90$ à $1^m20$, l'effort de traction sera réduit pour les trains :

| | |
|---|---|
| de marchandises, de. . . . | 12 p. 0/0 |
| omnibus. . . . . . . . . . | 6 p. 0/0 |
| express. . . . . . . . . . . | 3 p. 0/0 |

« Ce qui diminuerait, ajoute l'auteur du mémoire, la dé-
» pense de combustible de 5 centimes par kilomètre pour
» le train de marchandises, et 2 centimes pour le train
» de voyageurs; » d'où résulterait, pour une grande ligne de 600 kilomètres, une économie d'environ 30 fr. par train de marchandises, et 12 fr. par train de voyageurs; nombres qui, répétés pour un grand nombre de trains dans l'année, forment une somme importante.

Mais s'il résulte de l'augmentation du diamètre une

(1) Voyez *Comptes rendus de la société des ingénieurs civils*, 5e année, p. 115; 6e année, p. 150; résumés des séances des 17 septembre et 1er octobre 1852; 18 février, 15 avril, 20 mai et 3 juin 1853.

économie sur les frais de traction et peut-être de réparation du matériel, il y aura par contre une augmentation notable dans le poids des roues et le prix d'acquisition première, en admettant même que, par une installation convenable, le centre de gravité du véhicule ne fût pas trop surélevé. L'augmentation de poids ne peut guère être estimée au-dessous de 200 kilog. par paire de roues, qui, à raison de 90 centimes le kilogramme, porte le surcroît de dépense à 180 fr. par paire de roues, soit 1 080 000 fr. pour les 6000 paires de roues que possède au moins une grande ligne de chemin de fer.

585. Le diamètre des roues et la *fusée* qui frotte dans les boîtes à graisse en portant le poids du wagon, ont aussi besoin d'être dans un certain rapport, afin que celle-ci ne subisse pas trop de fatigue. On a vu au n° 14 que la pression sur la surface frottante ne devait pas excéder 25 à 30 kilog. par centimètre carré. La pratique des chemins de fer a consacré à peu près cette proportion : pour les wagons ordinaires, qui peuvent être, au maximum, chargés de 3500 kilog. par roue ayant 1 mètre de diamètre, on trouve ordinairement des fusées de 16 centimètres de long sur 8 centimètres de diamètre, soit 25 centimètres la circonférence correspondante. La charge ne porte guère que sur 1/3 de cette circonférence, c'est-à-dire sur 8 centimètres; donc on a pour surface frottante $8 \times 16 = 128$ centimètres carrés, et par conséquent on a pour pression par centimètre carré sur la fusée $\frac{3500}{128} = 27,34$ kilog.

Le chemin que la fusée parcourt dans son coussinet sous cette pression doit encore être pris en considération. La roue prise pour exemple donne en service, en

raison de son diamètre, jusqu'à 4 tours par seconde, et rarement au delà avec les charges qui ont été supposées. Le chemin parcouru par la fusée égale donc $0^m,25 \times 4 = 1$ mètre par seconde.

Si l'on fait le produit de ce nombre et du quotient ci-dessus, on aura l'expression numérique

$$27,34 \times 1 = 27,34.$$

Tel est le produit que nous devrons rencontrer pour remplir dans la traction sur chemin de fer des conditions égales à celles que la pratique a indiqué comme suffisantes pour une bonne traction.

586. Soit en nombre rond : 28 l'expression de cette valeur numérique ; on pourra toujours déterminer d'après elle les dimensions à donner à la fusée et à la roue par les formules :

$$P = \frac{28}{E} \quad \text{et} \quad E = \frac{28}{P};$$

dans ces expressions on désigne par :

P, la pression en kilogrammes dont on peut charger la fusée par centimètre carré de surface frottante, en se rappelant de ne faire porter la charge que sur le tiers de la circonférence développée (ne pas compter la pression P au delà de 30 kilog.).

E, l'espace parcouru en mètres par seconde par la fusée dans son coussinet.

*Exemple.* Soit une fusée de roue qui, à raison de 1 mètre de diamètre à la roue et de la vitesse que l'on compte imprimer au train, doit parcourir dans son coussinet $1^m,30$ par seconde. La pression P dont elle sera chargée par centimètre carré de surface, sera $P = \frac{28}{1,30} = 21,54$. Si donc la charge totale à porter par la fusée égale 3600 kilog., cette fusée devra offrir en surface frottante

$\frac{3600}{21,54} = 167$ centimètres carrés. Si cette fusée a reçu pour la solidité *à priori* 9 centimètres de diamètre, dont la partie chargée correspondante est aussi 9 centimètres, sa longueur sera $\frac{167}{9} = 185$ millimètres.

On déduirait de même de la deuxième formule ci-dessus l'espace que doit parcourir la fusée, et par conséquent son diamètre ainsi que le diamètre correspondant de la roue.

Ce qui vient d'être dit sur les dimensions de la fusée ne concerne que les dimensions à lui donner *comme surface frottante;* on verra ci-après, au n° 591, comment elle doit être proportionnée pour résister *aux ruptures.*

587. L'ingénieur chargé de procéder à la *réception des roues*, portant son attention sur la manière dont elles sont montées sur l'essieu, s'assurera des points suivants:

1° Les deux roues ont-elles le même diamètre? Un *compas à pointes renversées* permettra de le vérifier.

2° Les roues sont-elles bien tournées, n'ont-elles ni bosses ni plats? On s'en assure en montant l'essieu entre les deux points d'un tour, ou même en le faisant porter par ses fusées sur une paire de tréteaux munis de coussinets; devant le cercle de roulement on fixe une règle sur laquelle on appuie d'une manière invariable un *crochet de tourneur*, on presse sa pointe tout contre le cercle de roulement, de manière à ne pas mordre cependant sur le métal; on fait tourner la roue sur elle-même. Partout où le crochet mord, il est manifeste qu'il y a des bosses à enlever; partout où le cercle de roulement et le crochet

se séparent, il manque du fer et il y a du creux. Tant que le défaut de rondeur, c'est-à-dire les creux et les bosses n'excèdent pas 2 à 3 millimètres, la roue n'est pas inacceptable, surtout pour le service des marchandises.

3° Les roues sont-elles à l'écartement voulu et dans des plans parfaitement parallèles; les cercles de roulement ont-ils le profil voulu, et les boudins la dimension prescrite? C'est un des points qu'il importe le plus de vérifier, toute tolérance à cet égard pouvant contribuer à détruire la voie, surtout aux croisements. Les *jauges d'écartement* et les *gabarits-de-profil* permettent de procéder à ces vérifications.

4° Les jantes des roues sous les cercles de roulement, ou, ou d'autres termes, les roues privées de leurs cercles à boudins ont-elles le même diamètre? C'est un point qu'il importe de vérifier, car si ces jantes sont non tournées ou mal tournées, l'opération du remplaçage des cercles à boudins devient très-difficile. La vérification se fera d'ailleurs par les mêmes moyens que pour les cercles, mais sans tolérance.

588. Les roues de wagon sont *calées*, c'est-à-dire emmanchées sur leur axe ou essieu à frottement très-dur, à l'aide d'une forte pression, qui, d'après les auteurs du *Guide du constructeur de locomotives* (570), égale 150000 kilog. C'est ordinairement la presse hydraulique qu'on emploie pour caler et décaler les roues; pour que ce travail réussisse il faut qu'on ait tourné et alésé avec un grand soin, au même diamètre, l'intérieur du moyeu et l'extérieur de l'axe.

Bien que ces deux pièces une fois emmanchées fassent pour ainsi dire corps ensemble, on y ajoute cependant pour surcroît de solidité une ou deux *clavettes* en acier ou

en fer dur aciéreux, chassées à coup de masse dans une *mortaise* où rainure creusée avant le calage, mi-partie dans l'essieu et le moyeu.

589. *L'essieu* est en fer fort de premier choix : tout vice de matière ou de fabrication, toute tendance *à casser sec*, doit le faire rebuter.

On y distingue trois parties : *la portée de calage* ou emplacement de la roue, *la fusée* ou tourillon, *le corps* de l'essieu, qui est l'espace compris entre les deux portées de calage.

On n'est d'accord ni sur la forme qu'il faut donner aux essieux, ni sur le rôle joué par leurs diverses parties, ni même sur la nature du fer à employer.

Ordinairement on considère un essieu comme un solide porté sur deux points d'appui, qui sont *les roues*, et supportant la charge à l'endroit de leurs fusées. Quant au corps de l'essieu, on est dans l'usage de l'alléger, de sorte que la partie comprise entre les deux portées de calage offre la forme de deux troncs de cône opposés par leurs petites bases.

Mais en tout cas on s'attache à raccorder toutes ces variations de diamètre par des *congés* ou courbes douces. Lorsqu'on laisse des angles vifs, il s'y produit peu à peu des fissures sous l'influence des vibrations éprouvées en marche, et bientôt il s'ensuit des ruptures. M. Polonceau a beaucoup insisté sur ce point, à diverses reprises, à la société des ingénieurs civils de Paris.

Nous venons de dire ce qui se pratique ordinairement pour la forme des essieux, et l'exposition générale de 1855 a prouvé que c'était là l'expression du sentiment général des ingénieurs. Mais M. Thorneycrofft, de Birmingham, a considéré tout autrement les essieux (voyez

le *Technologiste français* de 1850 et 1851). « L'essieu, » dit-il, est comme une ferme de bâtiment ou une poutre » de pont; il est faux que son milieu travaille peu ; quant » au point d'appui, c'est non sur les roues mais *sur la* » *fusée* qu'il réside; ce qui existe à l'endroit des roues » c'est la charge du wagon avec toutes les vibrations » transmises au métal; donc il ne faut pas alléger le » corps des essieux ; tout au plus peut-on lui conserver » la forme cylindrique, et il conviendrait même de » l'augmenter au milieu, à la façon des bielles de ma- » chines et poitrails de construction. »

Nous croyons avoir exactement traduit l'opinion de M. Thorneycrofft ; nous ajouterons que si nous n'avons jamais rencontré dans le matériel des chemins de fer la forme d'essieu qu'il propose, celle-ci se voit assez souvent dans les grosses machines fixes ou marines, où, à la vérité, on craignait les torsions.

M. Mac-Connel donne aux essieux une forme cylindrique, mais évidée au centre. La pensée qui a présidé à ce système des essieux creux est que le milieu n'est jamais bien forgé, qu'il contribue peu à la solidité de la pièce, et qu'en l'enlevant on allége l'arbre sans rien ôter à sa résistance.

S'il faut s'en rapporter aux rapports publiés sur ces essieux creux, il en existe un grand nombre en Angleterre sur diverses lignes ; ils y ont fait un très-bon service, ont supporté les épreuves, à ce point qu'ils ont résisté à 400 coups de mouton, n'offrant aucune trace d'altération, lorsque des essieux pleins, rompus au 149e coup, ont au contraire donné à la cassure un gros grain cristallisé, signe de son altération (383). (Voyez les *Mémoires et discussions à la Société des ingénieurs civils de*

*Londres*, en 1853, et le *Technologiste français* de 1854.)

590. Quant à *la nature de fer* convenable à la fabrication des essieux, tout le monde s'accorde à reconnaître qu'il faut un métal fort, résistant à la torsion comme à la flexion, ne cassant pas sec, mais rompant en pliant. Certains ingénieurs recherchent ces qualités dans le *fer nerveux*, offrant à la cassure des fibres prononcées; d'autres veulent ces mêmes propriétés dans un fer à grains fins homogènes, et pliant cependant à froid sous le marteau. Ces diverses opinions montrent que le dernier mot de la science n'est pas dit sur les essieux de chemin de fer, et que ce sujet demande encore beaucoup de recherches.

Quant à la question du *changement moléculaire* que peut subir le métal des essieux après un service plus ou moins prolongé, nous l'avons déjà traité aux nos 383 et suivants. On a vu qu'elle est incertaine; fût-il admis, ce qui paraît probable, que les métaux changent de nature sous l'action de fortes vibrations prolongées, il resterait à savoir si ces vibrations sont assez importantes sur les chemins de fer pour amener dans le matériel le changement de structure remarqué dans d'autres industries. MM. Mac-Connel, Ramsbotton et Smith, en Angleterre, se sont prononcés pour le changement moléculaire des essieux. M. Polonceau l'a nié, en France, à la suite d'expériences nombreuses; MM. Stephenson et Slatt l'ont nié aussi, en présentant des pièces de machines qui avaient résisté sans changement pendant dix-huit et vingt années. En France l'opinion commune nous paraît être que lorsque les essieux de chemin de fer sont bien fabriqués et suffisamment forts, leur durée est indéfinie, et que, en tout cas, les vibrations ne sont pas

assez fortes pour causer d'autre altération que la rupture de fibres constatée par M. Polonceau.

591. *La rupture des essieux* de wagon a lieu communément au ras du moyeu de la roue. Malgré les théories de M. Thorneycrofft, on continue encore à considérer la partie en porte à faux de l'essieu qui s'étend en dehors du moyeu comme un solide encastré par une de ces extrémités et chargé à l'autre. Or, dans cette hypothèse, les traités de mécanique donnent, pour calculer le poids dont il faut charger le solide et proportionner son diamètre, les formules suivantes :

1° Poids dont on peut charger la fusée :

$$P = \frac{K \times D^3}{L}.$$

2° Diamètre à donner à la portée de calage :

$$D = \sqrt[3]{\frac{P \times L}{K}}.$$

Dans ces formules on exprime par :

P le poids en kilogrammes dont est chargé la fusée;
D le diamètre, en centimètres, de la portée de calage;
L la longueur en centimètres de la partie en porte à faux comptée du milieu de la fusée;
K est un coefficient numérique dont la valeur moyenne est, d'après les auteurs,

| | |
|---|---|
| Pour l'acier. . . . . . . . . . . | 130 |
| Pour le fer. . . . . . . . . . . . | 60 |
| Pour la fonte. . . . . . . . . . | 75 |
| Pour le bois. . . . . . . . . . . | 6 |

*Exemple*. Soit donc $D = 12$ centimètres le diamètre de la portée de calage; soit $L = 16$ centimètres; le poids dont on pourra charger la fusée sera

$$P = \frac{60 \times 12^3}{16} = 6480 \text{ kil.}$$

Réciproquement le diamètre de la portée du calage d'un essieu dont le milieu de la fusée est à $L = 0^m,16$, et qui est chargé de 6480 kilog., sera

$$D \sqrt[3]{\frac{6480 \times 16}{60}} = 12 \text{ centimètres.}$$

Dans la pratique, la charge ne dépasse guère 3200 kilogrammes pour un tel essieu, c'est-à-dire à peine la moitié du poids que la prudence assigne ordinairement en mécanique. Il a été admis généralement à la Société des ingénieurs civils de Londres, dans une des fameuses discussions sur les essieux dont nous avons parlé, qu'un essieu doit pouvoir porter *dix fois* sa charge de rupture. (Voyez *Technologiste* de 1850.)

Quant au *diamètre de la fusée*, puisque le bout d'essieu en dehors du moyeu n'est autre chose qu'un solide encastré par un de ses bouts, qu'on peut, sans altérer sa résistance, alléger en lui donnant une forme parabolique (1), ce qu'il importe c'est qu'aucune partie de ce bout d'essieu, diminué pour former la fusée, ne rentre en dedans de la courbe parabolique. Pourvu que cette condition soit remplie, la résistance de la fusée est assurée, et l'on reste libre de proportionner son diamètre suivant ce qui est dit au n° 586.

592. Bien que la solidité des essieux soit assurée, l'in-

(1) Voyez les propriétés et la construction de la courbe parabolique dans les traités de géométrie, et dans ceux de mécanique à l'article de la flexion transversale des matériaux.

génieur ne peut se dispenser de suivre très-attentivement leur fabrication et de s'assurer par expérience qu'ils ont la résistance voulue.

Comment peuvent se pratiquer ces expériences ?

1° Il faut connaître la qualité du fer et la nature du grain en cassant l'essieu à froid et à coups de masse. Comme il serait trop pénible de rompre l'essieu à la portée de calage, la rupture se pratique à la fusée. Le fer n'est certainement pas de nature différente, à moins que cette fusée n'ait été cémentée et trempée comme on le fait quelquefois. Afin de faciliter la décollation de la fusée, un forgeron fait tout autour avec sa tranche une saignée profonde de 5 millimètres, puis il abat la fusée à grande volée de marteau. Le nombre de coups et les efforts nécessaires prouvent déjà le plus ou moins de résistance ; la manière dont la fusée s'abat indique ensuite si le fer s'arrache et ploie ou s'il casse *sec*; enfin l'inspection de la cassure fraîche dénote la qualité du grain.

Les bons essieux de wagons ordinaires que j'ai essayés cassaient à la fusée au moins sous trente-cinq ou quarante coups de masse : ils ployaient et s'arrachaient sous les coups.

Il importe de s'assurer que l'essieu n'est pas seulement bon à la fusée, mais que la qualité du fer offre partout une résistance suffisante. On le casse alors en son milieu sous un pilon ou un mouton dont on connaît le poids, après l'avoir posé sur deux tasseaux à l'endroit des portées de calage.

2° La première épreuve suffit quand elle dénote un bon fer et un essieu bien fait. Quand elle laisse des doutes, on charge la fusée, puis le corps d'essieu, d'un poids décuple (591) de la charge qu'il doit supporter en

service ; on laisse cette épreuve continuer pendant plusieurs heures, puis on s'assure que le fer ne manifeste aucune gerçure ni flexion. Si une gerçure est soupçonnée, on chauffe l'essieu à un doux feu de forge maréchale, ou bien on y verse un peu d'acide sulfurique qui, en pénétrant dans la gerçure, y laisse une trace de rouille; puis on casse pour vérifier l'état du fer.

593. Au chemin de fer du Nord, où toutes les questions qui se rattachent à la surveillance du matériel ont été si bien étudiées, MM. les ingénieurs réceptionnaires pratiquent ainsi qu'il suit, pour la réception des essieux de wagon ayant 1 décimètre au milieu du corps et 12 centimètres au calage, et pesant 150 kilog. :

On les place par leurs extrémités sur deux enclumes, et on fait tomber au milieu, d'une hauteur de $3^m,25$ à $3^m,50$, un mouton de 500 kilog. ou de 1100 kilog., qui, le premier en trois coups et le second en un coup, doivent faire prendre à l'essieu essayé une flèche de 250 millimètres sur $1^m,70$ de corde. A l'aide du même mouton on redresse ensuite l'essieu. Si celui-ci prend une flèche supérieure à 250 millimètres ou s'il casse dans ces essais, on le déclare douteux.

594. Il va sans dire que les essieux essayés, n'eussent-ils manifesté dans les épreuves aucune altération, ne peuvent plus servir. Ce sont des pièces qu'on s'est réservé par le traité avec le fabricant, de choisir au hasard dans la masse et qui sont tout à fait sacrifiées. L'ingénieur chargé des épreuves ne doit donc pas les multiplier sans nécessité. Entre le devoir qui commande au fabricant un sacrifice raisonnable et la taquinerie de l'expérimentateur qui abuse inutilement de son droit d'épreuve, il y a une limite souvent délicate où la conscience hésitera.

595. Terminons ce qui vient d'être dit sur les roues et essieux en *résumant les dimensions généralement adoptées* dans l'état actuel de l'exploitation des chemins de fer, pour les roues de wagons :

| | |
|---|---|
| Diamètre des roues au roulement. . . . . . | $1^m$ |
| Épaisseur du bandage rapporté. . . . . . . . | $0^m,04$ à $0^m,05$ |
| Largeur du bandage rapporté. . . . . . . . . | $0^m,14$ à $0^m,15$ |
| Diamètre du moyeu en fonte. . . . . . . . . . | $0^m,30$ |
| Épaisseur du moyeu en fonte. . . . . . . . . | $0^m,18$ à $0^m,20$ |
| Nombre des bras en fer plat de 13 à 16 millimètres d'épaisseur sur 75 à 80 de largeur. | 7 à 10 |
| Diamètre de l'essieu de calage. . . . . . . . | $0^m,11$ à $0^m,12$ |
| *Id.* au milieu . . . . . . . . | $0^m,09$ à $0^m,10$ |
| *Id.* de la fusée. . . . . . . . | $0^m,06$ à $0^m,08$ |
| Longueur de la fusée . . . . . . . . . . . . . . | $0^m,120$ à $0^m,170$ |
| Écartement des essieux extrêmes d'un wagon à quatre roues. . . . . . . . . . . . . | $2^m,40$ à $3^m,35$ |
| Poids d'un essieu. . . . . . . . . . . . . . . . | 130 kil. à 160 |
| Poids d'une roue. . . . . . . . . . . . . . . . | 310 kil. à 380 |
| Poids total d'une paire de roues sur son essieu. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 725 kil. à 875 |
| Écartement latéral intérieur. . . . . . . . . | $1^m,37$ à $1^m,38$ |
| Prix par 100 kilogrammes. . . . . . . . . . . | $0^f,85$ à $1^f,30$ |

596. *L'entretien et la réparation* des roues constitue une des plus importantes branches du service dans l'exploitation des chemins de fer. Il ne reste plus rien à dire sur ce sujet après le mémoire de M. Nozo, lu à la Société des ingénieurs civils de Paris, 2ᵉ année, n° XI.

Quant aux *formalités administratives* qui concernent le service des roues, elles se réduisent à deux prescriptions :

1° Chaque essieu doit porter un numéro d'ordre et la marque du fabricant.

2° Il y a quelques années, lorsque les accidents provenaient du fait des roues, avec un peu de fréquence,

on exigeait que les compagnies de chemins de fer tinssent sur un registre l'historique des roues de tout le matériel, l'époque de leur mise en service, leur poids, leur parcours kilométrique et leur réparation devaient être mentionnés rigoureusement. Au bout d'un certain temps, on prescrivait de réformer les essieux et de les renvoyer aux forges. Aujourd'hui, les ruptures d'essieux sont rares, la fabrication soignée et contrôlée, et la rigueur originaire de leur comptabilité s'est beaucoup relâchée. Quelques compagnies conservent cependant encore cette comptabilité et y puisent d'utiles renseignements. Le point capital est que la date de la mise en service reste connue, afin que si quelques accidents avertissent qu'il est temps de supprimer certaine série de roues montées, leur numéro d'ordre aide à retrouver dans le nombre celles appartenant aux séries réformables.

Le même usage existe dans la marine et l'artillerie pour les essieux, chaînes, canons, etc. On le suit aussi dans les grandes entreprises de voitures publiques.

597. *La suspension des wagons* a aussi son importance au point de vue de la traction. On sait que la caisse et le châssis du wagon reposent sur les roues, non pas immédiatement comme les charrettes des routes de terre, mais par l'intermédiaire de trois organes qui sont : les boîtes à graisse, les plaques de garde et les ressorts. Leur état exerce une grande influence sur la résistance à la traction.

Les *ressorts* qui suspendent le véhicule n'ont pas seulement pour but le confortable des voyageurs, ils sont aussi nécessaires pour diminuer la résistance à la traction, en amortissant les secousses qui absorbent toujours du travail moteur. Aussi tous les wagons, sauf les gros-

siers chariots de terrassement, sont-ils suspendus sur ressorts.

Trop flexibles, ils laissent une amplitude exagérée aux oscillations du véhicule; trop roides, ils manquent leur but.

Il importe que tous les ressorts d'une même voiture aient la même résistance à la flexion, et comme cette condition n'est pas toujours possible, à cause des différences de nature d'acier, il doit exister des moyens de régler à volonté le serrage ou la tension des ressorts.

Pour tout ce qui concerne le calcul et l'installation des ressorts, nous renvoyons aux nombreux mémoires spéciaux sur la matière. (Mémoire de M. Philips, *Annales des mines*, 1853. — Adams, *Technologiste français*. — Bournique. *Séance des ingénieurs civils de Paris*, septembre 1832. — Blacher, *Mémoire 19, aux ingénieurs civils de Paris*. — *Id.*, séance du 4 juillet 1831. — *Id.*, diverses séances en 1834. — *Guide du mécanicien conducteur de locomotives*, etc...)

598. Nous ajouterons seulement un mot sur l'*épreuve des ressorts*.

1° On essaye d'abord le métal lui-même en cassant quelques lames choisies au hasard. On s'assure ainsi que la cassure offre un bon *grain fin homogène*.

2° Il faut en même temps s'assurer que l'acier n'est pas *trop sec*, c'est-à-dire cassant comme du verre.

3° *L'élasticité* est le troisième point dont il faut s'occuper. On expérimente d'abord sur quelques barres isolées; on les place par leur extrémité sur deux tasseaux et on charge le milieu successivement d'un poids au moins triple de celui que les lames supporteront approximativement en service régulier. On mesure la flexion

qu'elles prennent sous les charges avec précaution, pour ne pas être blessé en cas de rupture des lames pendant l'essai. Quand la charge est enlevée, on s'assure que la lame n'a pas perdu son élasticité et qu'elle revient sensiblement à sa forme primitive.

4° Enfin on pratique l'essai sur le ressort entier de la même manière, ce qui se fait ordinairement à l'aide d'appareils spéciaux à leviers.

599. *Les plaques de garde* forment le second organe de la suspension des véhicules de chemins de fer. Ce sont des coulisses verticales placées transversalement au châssis, dont elles font partie, et entre lesquelles les boîtes à graisse glissent de bas en haut dans les oscillations du véhicule.

Trop peu de jeu entre les boîtes à graisse et les guides des plaques de garde, empêche les premières de fonctionner ; le wagon est alors, comme une voiture non suspendue, très-dure à la marche.

Trop de jeu entre les guides et les boîtes à graisse produit des claquements, une sorte de martelage, une rapide usure et des secousses qui augmentent la résistance à la traction.

Les plaques de garde affectent diverses formes qui n'intéressent pas notre sujet. Bornons-nous à dire qu'elles doivent être assez rigides pour ne céder, ni fléchir, soit latéralement, soit dans le sens de la traction ; que leur parallélisme est de la plus haute importance ; qu'elles doivent être fermées dans le bas par une traverse qui les empêche de quitter la boîte à graisse dans les secousses, et que leur jeu de bas en haut doit être limité à 5 à 6 centimètres, afin qu'en cas de rupture du ressort le véhicule ne penche pas au point de verser.

La disposition actuelle des plaques de garde force à lever le véhicule pour visiter la fusée ; en les faisant en deux pièces (voyez tender de la fig. 6), l'une fixe *b*, l'autre *a* rapportée à boulons, il suffirait de détacher celle-ci pour amener horizontalement l'essieu à soi, après avoir calé le véhicule.

600. *Les boîtes à graisse* sont improprement nommées ainsi ; car s'il y existe un réservoir pour la matière lubrifiante, elles sont à proprement parler *le palier* où s'opère le roulement des tourillons d'essieux. Ces paliers ne sont pas, comme ceux des machines fixes, invariablement attachés aux bâtis, mais ils glissent entre les plaques de garde suivant les oscillations éprouvées par le véhicule sous la flexion des ressorts de suspension. On y distingue plusieurs parties dont il nous reste peu de choses à dire, renvoyant pour la description des divers systèmes au *Guide du mécanicien* (570).

1° *Les patins* sont les côtés extérieurs du palier ; destinés à glisser entre les branches des plaques de garde, ils doivent être dressés avec soin, faits en bon métal de friction, pourvus de pattes-d'araignée s'il est nécessaire, ainsi qu'il est dit aux n°s 14 et suivants.

2° *Les coussinets.* Il a été parlé aux n°s 13 et suivants, de leur installation, de leur ajustage et du métal qui leur convient. Le coussinet ordinaire est en deux pièces ; c'est la partie supérieure qui supporte presque tout l'effort. A celui du roulement s'ajoute le poids du véhicule, aussi faut-il que la matière des coussinets de chemins de fer ait une résistance à l'écrasement toute particulière. Dans aucune autre machine il ne faut autant, que dans celles qui circulent sur les railways, soigner l'ajustement du coussinet dans le fond du pa-

lier, et éviter le pincement du bord sous la charge ou par la dilatation.

3° *Le réservoir à graisse* est la 3e partie fondamentale du palier des essieux de chemins de fer. Il importe qu'il soit bien fermé par un couvercle, pour que le sable de la voie n'y puisse pénétrer en marche. Muni d'un siphon, quand le graissage se fait à l'huile, il n'a au fond qu'un ou deux trous, dits *lumières*, simplement percés dans le métal pour la laisser descendre à mesure qu'elle se liquéfie. Les graisses solides (20) sont ordinairement employées pour les véhicules sur les chemins de fer sauf pour les locomotives.

Tout vice dans l'installation des boîtes à graisses, la nature de l'huile ou des coussinets, se traduit, pour le service de traction, en une énorme augmentation de résistance.

### § II. — Composition des trains.

601. On distingue sur les chemins de fer, dans le service normal, quatre sortes de trains :

1° Les *trains de marchandises* à petite vitesse, pesant aujourd'hui parfois au delà de 500 tonnes, ont une vitesse de 7 à 8 mètres par seconde.

2° Les *trains de voyageurs dits omnibus*, c'est-à-dire s'arrêtant à toutes les stations, sont généralement lourds et marchent à la vitesse de 10 à 12 mètres par secondes.

3° Les *trains directs de voyageurs* ne s'arrêtent que de 30 en 30 minutes aux stations principales. Leur vitesse de marche est également 10 à 12 mètres par seconde.

4° Les *trains express* ou à grande vitesse, sont généralement légers et marchent au moins à la vitesse de 20 mètres par seconde.

Les 1er, 2e et 4e services exigent chacun un matériel spécial.

Il sera parlé ci-après des locomotives ; quant aux trains de wagons, ce qu'il importe au mécanicien conducteur et aux agents de la traction de savoir, se résume aux trois points qui suivent :

1° Les wagons de marchandises, quoique plus simples et réduits au plus faible écartement d'essieux permis, ne présentent cependant pas, à vitesse égale, moins de résistance que les autres, à cause de l'entretien, toujours moins soigné, que celui des voitures à voyageurs.

2° Les voitures destinées aux trains express, ont besoin de roues à grand diamètre et longue fusée (584 et suiv.). Elles ont aussi un plus grand écartement d'essieux pour offrir plus de base au véhicule et par conséquent offrir plus de stabilité.

3° Les voitures de trains à vitesse moyenne de 30 à 40 kilomètres l'heure ont leurs roues, leurs fusées et leur écartement d'essieux plus réduits au point de vue de l'économie et de la facilité de tirage dans les courbes.

On verra ci-après quelle est la résistance des trains à la traction (606 et suiv.).

**602.** L'*ordre* dans lequel doivent être placés les wagons dans les trains dépend, avant tout sans doute, du mouvement des stations, c'est-à-dire des manœuvres à faire dans les gares pour prendre ou laisser des voitures, manœuvres qu'on ne saurait trop simplifier ; mais, autant que le permet ce mouvement des gares, il faut, dans l'intérêt de la traction, se conformer aux principes suivants :

1° Un train ne doit contenir que le nombre de wagons strictement nécessaires, afin de ne pas augmenter inutilement le poids du train qu'on nomme *poids mort* ou

improductif, par opposition au *poids utile* ou productif, des marchandises et voyageurs transportés.

2° Les wagons les plus lourds se placent de préférence à l'avant du train, afin de ne pas trop tirer sur les premiers attelages et surtout pour ne pas créer à la queue du train une masse dont la force vive se traduit en refoulements énergiques lorsque la tête arrête ou ralentit.

3° Aucune voiture ou wagon ne peut entrer dans un train s'il n'est pas en bon état (art. 16 de la loi de 1846), et chargé de manière à ce que le poids soit à peu près également réparti sur les roues. Les voitures qui ont des mouvements désordonnés, dont les roues sont fatiguées, mal centrées, mal cerclées; celles dont les attelages sont vicieux, dont les fusées chauffent, etc., doivent être expulsées du train dès que le vice est signalé.

4° D'après les articles 12 et 13 de la loi du 15 novembre 1846, ne peuvent encore entrer dans les trains, les voitures neuves qui n'ont pas subi la visite des agents de l'autorité administrative, n'ont pas été autorisées à circuler par le préfet, et ne portent pas l'estampille des contributions indirectes ordonnées par l'article 117 de la loi du 15 mars 1817 sur les voitures publiques.

5° Afin d'offrir au vent la moindre résistance, non-seulement les wagons doivent être rapprochés autant que le permet le jeu à laisser aux attelages et à la rentrée des tampons de choc ; mais il faut mettre à la suite ceux qui sont de même forme et dimensions, de manière à se masquer les uns par les autres, et ne pas créer trop de surface résistante (45). Ainsi ce serait, au point de vue de la traction, un vicieux système que de faire alterner de grands wagons élevés avec des wagons plats. Les premiers, tous réunis, doivent occuper la tête

du train ; les wagons plats réunis viendront ensuite.

603. L'art. 19 de la loi du 15 novembre 1846, sur la police des chemins de fer, exige que la *locomotive soit toujours en tête du train*, sauf pour faire des manœuvres avec une vitesse n'excédant pas celle de 25 kilomètres à l'heure.

En principe, un train ne doit être remorqué que par une seule machine (art. 20 de la loi de 1846), et jamais par plus de deux. Cet emploi de deux locomotives ne peut même être qu'exceptionnel, c'est-à-dire pour monter des rampes rapides, pour remorquer des trains accidentellement très-lourds ; pour rattraper les retards et en cas d'accident à la première machine ; d'où il suit que lorsque l'affluence des voyageurs et marchandises prend sur une ligne un nouvel accroissement habituel, il faut se décider à construire de plus fortes machines ; l'emploi normal de deux ne pouvant être qu'accidentel.

604. Le nombre maximum de voitures est réglé sur chaque ligne par arrêtés administratifs, ainsi que le nombre de freins proportionnels pour aider le mécanicien à arrêter le train rapidement au premier signal.

Nous parlerons ci-après du système des freins à l'article du tender. Quant à leur nombre dans le convoi, l'arrêté administratif le règle d'après la vitesse et la longueur des trains et l'inclinaison des rampes.

En France, les trains de voyageurs ne peuvent avoir plus de vingt-quatre wagons à quatre roues (art. 18 de l'ordonnance de 1848), et dix-huit wagons à six roues, ni être traînés par plus de deux locomotives. Entre la locomotive et les voitures de voyageurs, il doit exister autant de voitures vides (de voyageurs, bien entendu) qu'il y a de machines. Ce sont les fourgons à bagages qu'on place ainsi en tête ; il en faut donc 1 pour les trains

à une machine et deux pour les trains à deux machines (art. 20 de la loi de 1846).

Ces prescriptions ne regardent d'ailleurs que les trains de voyageurs. Le nombre de wagons n'a pas jusqu'ici été limité pour les trains de marchandises.

Quant au nombre de freins, tout train de voyageurs de douze voitures et au-dessous doit en avoir trois, non compris celui du tender. L'un de ces freins est nécessairement en queue, les autres, l'un d'eux au moins, est en tête. Il est ajouté en outre un frein supplémentaire par chaque accroissement de six voitures. Les plus forts trains de marchandises n'ont guère plus de trois à quatre freins.

605. En Prusse, le nombre réglementaire de freins dépend de l'inclinaison des rampes.

Quand les plus rapides de la ligne n'excèdent pas 3 millimètres par mètre, les freins doivent agir sur le sixième des roues dans les trains de voyageurs, et sur le huitième des roues dans les trains de marchandises.

Sur les rampes atteignant de 3 à 5 millimètres, le nombre de roues, munies de freins, est 1/3 et 1/7 du nombre total.

Si les rampes sont de 5 à 10 millimètres, le nombre de roues munies de freins est 1/4 et 1/6.

Sur la grande rampe d'Ans à Liége, dont l'inclinaison est de 3 centimètres par mètre, on exige deux freins supplémentaires de très-forte puissance (système Laignel, à pression sur la voie), outre ceux qui accompagnent d'ordinaire les trains.

A la rampe du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain, près Paris, il n'y a d'autre frein supplémentaire que celui du chariot d'attache.

### § III. — Résistance et travail résistant des trains.

Il faut considérer cette résistance sur palier, sur rampes en ligne droite et par temps ordinaire,

Dans les courbes,

Dans les grands vents.

606. *Dans la résistance sur palier en ligne droite et par temps ordinaire*, il y a à considérer trois éléments, savoir : le roulement des roues, le frottement de leurs tourillons et la résistance de l'air.

*La résistance des roues au roulement* est, on l'a vu (n$^{os}$ 11, 12, 30 et 580), proportionnelle au poids à traîner, et en raison inverse de la racine quarrée du diamètre des roues; mais elle augmente considérablement par les inégalités accidentelles de la voie et des roues, ainsi que par la mauvaise répartition sur elles du poids du véhicule.

*Le frottement des fusées* d'essieux dans leurs coussinets (voyez n$^{os}$ 11, 12, 29, 30 et 584) croît aussi proportionnellement à la charge, proportionnellement au diamètre des tourillons et en raison inverse du diamètre des roues.

La *résistance de l'air* (voyez n$^{os}$ 36, 44, 45) n'est pas négligeable dans le mouvement des trains, même lorsqu'il y a absence de vent. Nous avons déjà dit qu'on la diminuait d'une quantité notable en rapprochant convenablement les wagons (45 et 602) et en masquant, autant que possible, leur surface antérieure les unes par les autres. Les questions qui concernent ce sujet ont été traitées aux n$^{os}$ 36, 37 et suivants. Nous n'avons point à y revenir.

607. Prenant en considération les trois causes de résistance qui viennent d'être énoncées, et en supposant le train placé dans les circonstances habituelles d'un service courant, c'est-à-dire avec un entretien ordinaire du matériel et de la voie, un vent moyen et des roues de $0^m,90$ à 1 mètre, MM. Morin, Sauvage et Poirée ont fixé, pour la pratique des chemins de fer, *la résistance à la traction, par tonne*, aux nombres suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Pour les trains de marchandises, à. . . | | $4^k,5$ |
| *Id.* | omnibus, à . . . . . . . | 7 ,7 |
| *Id.* | directs, à. . . . . . . . . | 8 ,5 |
| *Id.* | express, à. . . . . . . . . | 10 ,0 |

Ces valeurs diffèrent peu de celles qu'avaient indiquées précédemment MM. Pambour, Morin, Lardener, Gouin et Gooch.

Pambour estime à $2^k,70$ la résistance par tonne du wagon, non compris celle de l'air, lorsque les rails et le matériel sont dans les meilleures conditions. En moyenne, il estime à $5^k,47$ la résistance totale par tonne.

Suivant Morin, la résistance totale à la traction varie avec le vent et la vitesse, de $3^k,98$ à 10,25, et peut être prise en moyenne égale à 6,10.

Gouin fait varier cette valeur avec la vitesse entre 4,06 et 8,31, en moyenne 6,30.

Gooch la fait varier de 3,43 à 10,77.

Lardener avait trouvé 11,25 pour les grandes vitesses.

Enfin, dans l'enquête en parlement, Gooch a donné, pour le Great-Western railway, de nouveaux nombres, qui sont presque les mêmes que ceux de MM. Poirée, Sauvage et Morin, savoir :

| | | |
|---|---|---|
| Train à la vitesse de 32 kilom. . . | | 4 k. |
| *Id.* | 64 | . . . 10 |
| *Id.* | 96 | . . . 12 |

Les mécaniciens anglais emploient pour calculer la résistance du train par tonne, une *formule, dite de Harding* (1). qui donne exactement le même résultat que celui auquel on arrive par les moyennes déduites des expériences de M. Poirée. Cette formule de Harding est :

$$R = 2{,}72 + (0{,}094 \times V) + \left(0{,}00484 \times \frac{N \times V^2}{P}\right),$$

dans laquelle on désigne par :

R la résistance par tonne, évaluée en kilogrammes;
V la vitesse du train, en kilomètres par heure;
P le poids du train en tonnes;
N un facteur numérique égal à

7 pour les trains express,
14 pour les autres trains.

*Exemple.* Soit $V = 72$ kilomètres la vitesse du train, et soit son poids $P = 140$ tonnes, la formule donne, pour résistance à déployer par tonne,

$$R = 2{,}72 + (0{,}094 \times 72) + \left(0{,}00484 \times \frac{7 \times 72^2}{140}\right) = 10^k{,}60.$$

Nos ingénieurs avaient obtenu en nombre rond 10 kil. dans leurs expériences directes.

608. Ces valeurs, qui ne sont autre chose que celles du coefficient K de la formule n° 55 et du tableau qui le suit, se trouvent comprises, on le voit, entre les limites

(1) Voyez la séance du 24 mai 1840 à la société des ingénieurs civils de Londres.

extrêmes que ce tableau a dû seul contenir en thèse générale. Voulant donc *calculer la quantité de travail* à déployer pour remorquer, sur chemin de fer horizontal et en droite ligne, un train dont le poids et la vitesse sont donnés, on emploiera la formule $T = KPV$ du n° 55, en donnant au coefficient K les valeurs indiquées au n° 607, ce qui est plus simple que de recourir à la formule Harding.

Soit, par exemple, un train de 100 tonnes à remorquer en plaine, à la vitesse de 20 mètres par seconde; dans ce cas le coefficient $K = 10$. On aura donc à développer une quantité de travail

$$T = \frac{10 \times 100 \times 20 = 20000^{km}}{75} = 266 \text{ chevaux.}$$

Nous donnerons des exemples pratiques détaillés à l'article de la puissance motrice des locomotives.

609. *Travail résistant du train en rampe ascendante et descendante.* Les rampes sont des plans inclinés sur lesquels une partie de la pesanteur du train développe son action.

On voit, d'après ce qui est exprimé au n° 57, qu'en rampe ascendante la résistance du train s'augmente d'une certaine quantité par l'effort de la pesanteur, et qu'en rampe descendante, au contraire, l'effort de traction est diminué de cette même quantité.

Appliquant au mouvement du train la formule du n° 57, on aura, pour calculer le travail à developper par le remorqueur sur les rampes, les équations suivantes.

1° En montant les rampes :

$$T = \frac{(PK + PH) \times V}{75};$$

2° En descendant les rampes :

$$T = \frac{(PK - PH) \times V}{75}.$$

Dans ces deux formules on désigne par :

T le travail cherché en chevaux ;
P le poids du wagon en tonnes ;
K le coefficient dont la valeur est donné au n° 607 ;
V la vitesse du train, en mètres, par seconde ;
H l'inclinaison de la rampe, en millimètres par mètre courant.

*Exemple.* Quel sera le travail à développer pour remorquer un train de $P = 100$ tonnes à une vitesse $V = 20$ mètres par seconde, sur une rampe $H = 5$ millimètres par mètre ; si on prend comme dans l'exemple précédent $K = 10$, on aura à la montée :

$$T = \frac{(100 \times 10 + 100 \times 5) \times 20}{75} = 400 \text{ chevaux} ;$$

à la descente de cette même rampe, on aura :

$$T = \frac{(100 \times 10 - 100 \times 5) \times 20}{75} = 134 \text{ chevaux.}$$

La règle précédente revient à augmenter ou diminuer la résistance du train en plaine de 1 kilog. par tonne remorquée et par millimètre de pente. C'est ainsi que MM. Stephenson et Deniel avaient, pour la pratique des mécaniciens, formulé la règle de l'influence des rampes.

610. *Dans les courbes, la résistance* du train augmente parce que les boudins des roues frottent avec force contre le rail extérieur de la courbe, chassés qu'ils y sont par la force centrifuge. Cet accroissement de frottement dépend :

1° De la courbure de la voie relativement à l'écartement des essieux extrêmes de chaque wagon;

2° De la vitesse et de la masse du wagon avec lesquels croît sa force centrifuge ainsi que son inertie, laquelle emmagasine en lui, comme en un réservoir, un travail disponible qui aide à surmonter la résistance due à la courbe.

Il est donc à peu près impossible de déterminer en pratique l'augmentation de résistance due aux courbes. Sur la ligne de Lyon les wagons à essieux extrêmes distants de 4 mètres, dans les courbes de 1000 de rayon, n'ont offert à M. Poirée d'accroissement sensible de résistance qu'aux très-grandes vitesses.

Sur la ligne de l'Est les trains de wagons à 3m,33 d'écartement d'essieu paraissent décrire assez aisément les courbes de 800 mètres quand elles sont courtes et en paliers, et que le train est bien lancé, d'une médiocre longueur, 15 wagons par exemple; mais les trains de marchandises se sont fréquemment arrêtés par excès de frottement dans une double courbe de 800 mètres, dite courbe en S, qui coïncide avec une rampe ascendante de 8 à 9 millimètres par mètre.

Le mécanicien qui conduit un train, sans pouvoir adopter dans la pratique aucun nombre fixe comme valeur de l'accroissement de résistance dans les courbes, se bornera donc à se rappeler que cette résistance est un fait certain, mais qu'elle est très-variable dans son intensité, et qu'en bien des cas elle est presque nulle.

611. *Résistance dans les grands vents.* On a vu au n° 50 quelles étaient les pressions du vent : dans ses expériences, M. Poirée a trouvé jusqu'à 57 kilog. par mètre carré de surface pour un train lancé contre le vent à la vi-

tesse de 20 mètres par seconde, soit pour la surface du premier waggon 228 kilog., ajoutés aux autres résistances du train.

Sauf les cas où le vent souffle avec grande violence, il augmente l'effort de traction assez faiblement quand il est debout, c'est-à-dire quand il souffle en sens contraire à la direction du train ; mais sa résistance est tellement considérable quand le vent souffle obliquement sur le train, qu'on a vu parfois celui-ci arrêté dans sa marche lors des ouragans. C'est que le vent debout n'exerce sa pression que sur la première voiture et que pour le vent oblique chaque wagon résiste pour son propre compte à peu près comme s'il était seul.

Le vent arrière pousse au contraire le train et diminue sa résistance à la traction.

Le général Morin a trouvé pour résistance par tonne d'un train de 5 waggons à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure :

| | |
|---|---|
| Avec vent debout. . . . . . . . . . . . . | 8k,29 |
| Avec vent arrière. . . . . . . . . . . . . | 3 ,98 |

La vitesse du train marchant contre le vent augmente évidemment aussi la résistance de celui-ci. Le train précédent a en effet donné par tonne :

| | |
|---|---|
| Avec une grande vitesse. . . . . . . . . | 10k,25 |
| Avec une petite vitesse.. . . . . . . . . | 7 ,52 |

Le vent est si variable dans son intensité et dans sa direction qu'il échappe à la possibilité d'un calcul pratique à l'usage du mécanicien ; celui-ci n'a pas d'ailleurs besoin d'une longue expérience pour constater ce que nous venons d'établir, savoir, que la résistance est

Diminuée avec vent arrière,
Augmentée faiblement avec vent debout,
Augmentée fortement avec vent oblique contraire.

### SECTION TROISIÈME.

#### CONDITIONS GÉNÉRALES DES DIVERSES PARTIES DE LA LOCOMOTIVE.

612. Dans une locomotive, on distingue six parties fondamentales, savoir :

La chaudière et ses accessoires;
Le mécanisme moteur et son bâti;
Les roues;
Les caisses pour l'approvisionnement;
Le frein pour arrêter la marche.

Dans le principe, la chaudière, le mécanisme et son bâti avec les pompes alimentaires, constituaient l'appareil appelé proprement *locomotive*. Les caisses d'approvisionnement et les freins formaient, sous le nom de *tender*, un autre appareil distinct du premier; tous deux étaient montés sur des roues distinctes, et étaient accouplés ensemble par une *barre ou chaîne de traction*. Ce système se suit encore et se continuera sans doute pour les machines ordinaires à voyageurs.

Depuis quelques années, on tend à ne faire qu'un seul appareil de la locomotive et du tender. Le point important est d'avoir un remorqueur dont la charge sur les roues n'excède pas les limites imposées par la résistance des rails, tout en ayant la puissance voulue.

Nous examinerons en leur lieu dans quels cas on peut réunir en un seul appareil les diverses parties que nous avons énoncées. Nous nous occuperons dans cette section

de développer les conditions générales de chacune de ces parties.

Ce sont, disons-nous, des conditions générales qu'on doit retrouver dans tout système, et non la description des nombreuses dispositions qu'on a adoptées pour les remplir. Ces descriptions se publient dans les recueils périodiques dès qu'elles offrent quelque nouveauté.

### § I. — Chaudière des locomotives.

#### 1° Forme et proportions de ses diverses parties.

613. Le système de chaudière des locomotives est déterminé, suivant les règles ordinaires, d'après la nature du combustible à brûler et d'après certaines conditions toutes spéciales de leur service. Occupons-nous d'abord de ce dernier point de vue.

La nécessité d'obtenir une vaste surface de chauffe, sous des poids et volumes très-réduits, a fait jusqu'ici appliquer, exclusivement aux locomotives, la chaudière tubulaire à tubes de petite section décrite au nº 178 et suiv. Tout l'avenir des locomotives est dans leur chaudière. Ainsi qu'on le verra, ce sont actuellement des machines ayant deux à trois cents chevaux de puissance, dont on devra peut-être un jour doubler encore le travail moteur.

Or le problème consiste, comme pour toute machine à vapeur, à posséder un générateur ayant une surface de chauffe suffisante. Ce problème est difficile; car,

1° L'appareil ne doit pas trop peser sur les rails;

2° Il doit tenir entre les roues qui le portent et dont l'écartement est limité en largeur à $1^m,37$ par celui des

rails et en longueur par le rayon des courbes (Voyez n° 583).

614. On a résolu le problème de trois manières :

1° *On a déformé la chaudière*, et au lieu de cette forme cylindrique du corps tubé, la plus simple et la plus solide de toutes, on a eu recours à diverses dispositions : on a ovalisé le corps tubé pour y loger plus de tubes ; on a employé le système Kœsler, dont il est parlé au n° 189 ; on a donné à l'appareil des formes tourmentées, s'élargissant ou se rétrécissant à mesure que les autres pièces de la machine l'ont permis ou exigé.

A l'étranger, on est entré en plusieurs cas assez largement dans ce système. En France, soit sagesse, soit timidité, on s'est toujours tenu jusqu'ici à la forme cylindrique du corps tubé, ayant en son prolongement un foyer ou boîte à feu sensiblement rectangulaire, en comptant sur l'un des deux systèmes suivants : sur nos voies ordinaires de 1m,44, la déformation de la chaudière a, en outre, le danger de constituer un générateur trop lourd dans bien des cas pour nos rails.

2° *On a placé le corps tubé au-dessus des roues* (fig. 14), de façon à ce qu'on puisse, à volonté, augmenter son diamètre et élargir le foyer, au moins dans la partie supérieure. Ce système, qui a permis d'avoir de très-puissantes chaudières sous la plus simple des formes, ne peut s'installer que sur les locomotives ayant des roues de 1m,50 au plus. Autrement, on arriverait à des machines d'une hauteur inacceptable dans la pratique, du moins sur nos voies étroites. Sur la voie de 2m,16 du Great-Western rail-way, les chaudières pourraient facilement recevoir des corps tubés de 2 mètres de diamètre.

3° *On a allongé le corps tubé et le foyer de la chaudière* en répartissant son poids sur un nombre de roues suffisant, pour que chacune d'elles ne porte qu'une charge modérée. C'est le système de l'ingénieur autrichien Engerth (1). (Voyez fig. 13.)

615. Les *diverses parties de la chaudière* des locomotives ont été décrites aux nos 178 et suivants. Il reste à compléter ce qui a été dit par quelques observations sur les conditions spéciales que les chemins de fer leur imposent.

Les *tubes* sont nécessairement d'un très-faible diamètre, afin d'en pouvoir placer un plus grand nombre; ce diamètre varie communément entre 45 et 50 millimètres (intérieur) sur une longueur qui varie elle-même entre 70 et 100 fois le diamètre (184 et suiv.).

Leur écartement peut, sans difficulté, être très-faible; car, sur les chemins de fer, les machines et le choix des eaux d'alimentation sont l'objet de très-grands soins. Elles sont bien conduites et lavées assez souvent pour qu'on n'ait pas à craindre que le tartre s'accumule entre les tubes; mais il faut conserver aux espaces pleins compris entre eux sur les plaques tubulaires qu'ils traversent, une épaisseur suffisante pour la solidité. On distance ordinairement les tubes de 12 ou 13

---

(1) Un concours fut ouvert en 1852 pour la construction de locomotives très-puissantes devant remorquer les trains sur la rampe du Sœmering, en Autriche. Plusieurs projets furent présentés : aucun ne fut complétement satisfaisant ; mais en prenant un peu dans chacun, non en plagiaire, mais en homme de génie, M. Engerth est parvenu à composer la locomotive qui porte son nom. M. Engerth a lui-même publié l'atlas des meilleurs projets présentés où il a puisé; parmi eux il s'en trouve un d'un ancien ingénieur français, M. Tourasse, qui a de nombreux points de rapprochement avec le système Engerth.

millimètres. Nous ne voudrions pas les voir serrer davantage.

Dans la locomotive belge de M. Poncelet, exposée à Paris en 1855, les tubes étaient écartés de 20 millimètres à la plaque tubulaire du foyer, et de 16 millim. seulement à l'autre bout. Leur réunion formait ainsi un tronc de cône comme le corps extérieur de la chaudière leur servant d'enveloppe.

Pour installer le plus grand nombre possible de tubes, les dessinateurs, qui étudient les projets de locomotives, commettent souvent une faute dont ils doivent se défier, et qui consiste à disposer les rangs de tubes trop haut ou trop bas dans le corps de la chaudière. Dans le premier cas, on rétrécit trop la chambre de vapeur ; dans le second, on ne laisse pas assez d'espace à l'accumulation de la vase, et les derniers tubes, plongés dans la boue, ne sont pas seulement inutiles à la vaporisation, ils risquent de se brûler et de causer des avaries.

616. Le *foyer* a été décrit aux nos 151 et suiv., ainsi que les précautions à prendre dans sa construction. Quant à ses dimensions, toujours très-réduites sur les chemins de fer, elles dépendent surtout de la qualité du combustible ; aussi les voit-on beaucoup varier d'une ligne à l'autre et suivant les contrées.

En Angleterre et sur la ligne française du Havre, où le combustible est de très-bonne qualité, les foyers de locomotives sont relativement très-petits.

En Prusse, où le coke est au contraire très-impur et friable, on a dû donner au foyer d'énormes dimensions. En France, le coke, moins bon qu'en Angleterre mais meilleur qu'en Prusse, a fait assigner des dimensions moyennes qui deviennent exagérées quand on emploie

des combustibles de qualité supérieure analogues à ceux d'Angleterre, mais qui ne suffisent plus quand on tombe sur de mauvaises fournitures.

Il importe donc que le combustible conserve, avec uniformité, les qualités pour lesquelles ont été construites les locomotives. Celles qui sont pourvues d'énormes foyers n'ont pas besoin des combustibles de qualité supérieure, pour lesquels on ne les a pas faites, et qu'à plus d'un titre, elles utiliseraient mal; à plus forte raison, les locomotives à petit foyer, qui ne peuvent bien brûler que du coke de première qualité, ne devront jamais voir diminuer cette qualité.

On a vu au n° 190 que la surface de chauffe du foyer était bien plus productive que celle des tubes; il y a donc tout avantage à donner au foyer de vastes proportions. Mais on croit parfois que ce peut être sans inconvénient au détriment des tubes, c'est une erreur; car les tubes achèvent d'utiliser la chaleur que n'utilise pas entièrement le foyer, tant s'en faut. Un grand foyer contient une grande masse de combustible incandescent qui rayonne un nombre considérable de calories ayant besoin d'exercer leur action sur une vaste surface chauffée de seconde main, pour ainsi dire, et qui n'est autre que la surface intérieure des tubes.

Il faut donc qu'il y ait toujours un certain rapport entre la surface des tubes et celle du foyer. M. Lechâtelier a indiqué que ce rapport devrait être tel que les tubes eussent, sur une longueur modérée, une surface égale à dix fois celle du foyer : presque aucune des locomotives, de forme ordinaire, comprises dans les tableaux du chapitre V, n'atteint cette proportion. On obtient un très-bon résultat avec un rapport entre les deux surfaces

égal à douze ; ce rapport atteint encore sans inconvénient quinze, mais on ne va guère au delà que dans des cas exceptionnels, où on augmente alors la totalité relative de la surface de chauffe. (Voyez mémoire à la Société des ingénieurs civils de Paris sur les chaudières des locomotives de l'exposition de 1855 ; *Comptes rendus de l'année* 1856.)

617. La *profondeur* du foyer dépend de la nature du combustible. Nous y reviendrons ci-après, en traitant ce dernier article. Elle dépend aussi, mais accessoirement, du service à effectuer ; les grosses locomotives, appelées à faire un long parcours et à rester longtemps au feu, ont de plus profonds foyers que les petites locomotives d'embranchements, qui ont à jeter leur feu après un petit parcours.

La *forme du foyer* est celle qui donne intérieurement le plus de surface, qui démasque le mieux la totalité des tubes, qui est la plus simple, la plus solide, la plus exempte de déchirements dans les contractions ou dilatations du métal, et qui permet de descendre aisément le coffre intérieur quand il faut le remplacer.

La forme hémi-cylindrique, qui a longtemps caractérisé les locomotives du constructeur anglais Bury (fig. 11 et 12), réunit toutes ces conditions, sauf celle de bien ménager la surface intérieure. Ce but est mieux rempli dans la forme quadrangulaire, qui est généralement adoptée.

618. On a placé *des bouilleurs dans le foyer*, les uns en forme de lame aplatie, divisant la boîte à feu en deux compartiments, les autres en forme de cylindre vertical suspendu au ciel du foyer. Cette seconde forme masque l'abord des tubes : la première a d'abord pour défaut, comme l'autre, de compliquer le foyer ; on lui a ensuite

reproché de ne pas avoir la puissance vaporisatrice espérée. Peut-être s'est-on trop hâté d'y renoncer; au lieu de condamner une disposition nouvelle ayant besoin d'étude, on eût dû chercher à corriger ses défauts; car une augmentation de surface si fortement chauffée ne peut qu'être rationnelle, et il est à notre connaissance qu'il y a des locomotives où la suppression du bouilleur en question n'a occasionné qu'un grand surcroît de consommation de combustible, et que les *mêmes mécaniciens* qui ne pouvaient pas d'abord bien utiliser ces doubles foyers, en tirent aujourd'hui un très-bon parti.

Leur principal inconvénient est de donner à la masse du combustible contenu dans chaque compartiment un trop petit volume. C'est un défaut capital avec les combustibles qui ne brûlent bien qu'en grande masse, comme le mauvais coke; mais qui ne se rencontre pas avec la plupart des autres combustibles.

Nous appelons encore l'attention sur deux autres inconvénients des bouilleurs dans le foyer, tels qu'on les a établis jusqu'ici : l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur s'y opèrent mal, et par suite les bouilleurs sont souvent brûlés.

Quand ces deux graves défauts seront annulés par de bonnes dispositions, nous sommes convaincus que les bouilleurs rendront de grands services en augmentant beaucoup la production de vapeur.

619. La *proportion de la surface de chauffe* des locomotives, eu égard au travail qu'elle a à développer, n'a guère fait jusqu'ici l'objet des études des ingénieurs. C'est cependant bien important, aujourd'hui que les locomotives, au lieu d'avoir cette uniformité qui leur permettait autrefois de se copier l'une sur l'autre, ont à

remplir des conditions si diverses par suite des tracés accidentés.

On sait ce qu'il faut assigner de surface de chauffe en moyenne aux chaudières des usines et des bateaux par force de cheval : la locomotive n'est rien autre qu'une machine à vapeur ayant à développer un travail de remorquage facilement appréciable *en chevaux* (606 et suiv.).

Dans un mémoire lu à la Société des ingénieurs civils de Paris (séance du 17 octobre 1855), nous avons essayé d'évaluer approximativement la surface de chauffe qu'il convenait d'assigner, par force de cheval, aux chaudières des locomotives.

Notre conclusion a été que :

1° Lorsque le foyer égale en surface le douzième ou le quinzième de la surface intérieure des tubes, on pourrait évaluer la proportion moyenne de la surface de chauffe totale par cheval effectif à $0^{mq},40$ ou 40 décimètres quarrés.

2° Si le rapport entre la surface des tubes et du foyer excède quinze, il y a lieu d'augmenter la proportion de la surface de chauffe par cheval. On peut, au contraire, la diminuer si le rapport est au-dessous de douze.

3° Cette proportion, qui répond assez bien à celle qu'on a donnée dans les bonnes locomotives, pour ainsi dire, par sentiment instinctif, paraît convenir aux conditions moyennes, et elle se prête aux circonstances accidentelles où il faut extraordinairement augmenter le travail à développer.

4° Elle résulte de la comparaison de la plupart des locomotives mentionnées dans les tableaux du chapitre V.

**620.** Limitées comme le sont les chaudières de loco-

motives en espace et en poids, il faut cependant se garder de trop restreindre *la chambre de vapeur et*, dans le foyer, *la lame d'eau* qui couvre la surface de chauffe. Beaucoup de locomotives pèchent par l'insuffisance des dimensions assignées à cette partie de la chaudière où s'accumule la vapeur, et qu'on nomme chambre de vapeur (146). Il en résulte que la vapeur entre dans les cylindres trop peu séchée, que le mécanicien est forcé de maintenir bas le niveau d'eau, afin que la machine *ne crache* pas par la cheminée (398), et que la chaudière elle-même subit de trop sensibles dessaturations à chaque coup de piston. Ces inconvénients ont été développés au n° 146. La locomotive mixte de Gouin (voir Tableau I du chapitre V) a toujours été recommandée comme type de bonnes proportions données à la chambre de vapeur.

*Le volume d'eau* (145) est forcément très-limité dans les chaudières de locomotives. Mais ce qu'il faut éviter, c'est de laisser trop peu d'épaisseur à la lame d'eau qui entoure le foyer : 8 centimètres entre les parois des deux coffres qui forment la boîte à feu, et 10 centimètres au-dessus du ciel du foyer : telles sont les plus faibles épaisseurs d'eau permises ; on ne peut descendre au-dessous sans danger.

**621.** Pour *la boîte à fumée* des chaudières de locomotives, il suffit de renvoyer au n° 191, en ajoutant la recommandation d'assurer la clôture hermétique de sa porte, sinon l'air froid y pénètre avec une violence qui s'explique aisément par la grande vitesse de la marche en plein air et peut-être à contre-vent. Si le loquet de la porte est mal installé, les secousses de la machine la font ouvrir en route.

La *cheminée* (158 et suiv.) qui surmonte la boîte à

fumée et appelle l'air dans le foyer de la chaudière est nécessairement très-basse, pour passer sous les travaux d'art, dont la hauteur minima est réglée en France à 4m,30. La faculté de la plier en deux comme sur les bateaux à vapeur est peu praticable, si ce n'est dans des conditions toutes exceptionnelles, comme elles se sont rencontrées sur la ligne de Saint-Étienne à Lyon. On force donc le tirage dans la cheminée à l'aide d'un jet de vapeur, ainsi qu'il est indiqué au n° 163.

On emploie la vapeur qui sort des cylindres, mais on a vu qu'on pourrait emprunter le jet directement à la chaudière. Le premier système est plus rationnel, puisqu'il donne le moyen d'utiliser la vapeur après son action motrice. On a vu qu'il en résultait cependant des inconvénients. Si un jour on utilisait la vapeur sortant des cylindres, si l'on arrivait à la condenser avantageusement, on recourrait alors au second procédé, ainsi que l'a proposé le général Morin (Leç. de mécanique, t. III, p. 72); il demandera seulement l'addition d'un petit robinet et d'un tuyau sur la chaudière, près de la cheminée.

Les deux systèmes pourraient même se concilier; l'injection de la chaudière servirait quand la machine est arrêtée pour activer le feu, ce qui ne peut se faire aujourd'hui qu'en la promenant sur la voie.

#### 2° Accessoires des chaudières de locomotive.

622. Les accessoires dont toute chaudière de locomotive doit être pourvue sont tous ceux qu'on a vus énoncés aux nos 203 et suivants, excepté le salinomètre et la pompe de dessaturation dont l'emploi sur les chemins de fer est

généralement inutile. Il nous reste à indiquer dans ce paragraphe le système à choisir et les particularités d'installation.

*Prise de vapeur, dôme et régulateur.* Nous ajouterons, à ce qui est dit aux nos 203 et suivants, trois observations :

1° Le dôme augmente la chambre de vapeur, et il permet de placer plus haut l'orifice de la prise. La forme de prise de vapeur qu'on voit planche II, fig. 1 du 1er volume, peut dispenser de dôme. Quand on emploie celui-ci, dont le poids est assez considérable, sa position dépend beaucoup de la répartition de la charge de la machine sur les roues. Bien que la prise de vapeur, lorsqu'elle est sur le dôme au milieu de la chaudière ou contre la cheminée, soit moins exposée à des entraînements d'eau, la nécessité de ramener le poids en arrière a suffisamment légitimé, selon nous, la place du dôme au-dessus du foyer, dans le système Buddicum sur la ligne du Havre,

2° Le levier du régulateur doit arriver sous la main du mécanicien par le système le plus simple, le plus direct et le plus aisément réparable en cas d'avarie.

3° Dans aucune machine à vapeur, autant que dans les locomotives, on ne doit mieux soigner l'installation du régulateur et de la prise de vapeur; car nulle part son défaut d'obéissance n'est aussi dangereux. Le rodage de l'obturateur sur l'orifice de la prise, leur facile visite, l'absence de toute fuite, la qualité choisie des matières, la solidité des ajustages, seront l'objet de soins tout particuliers.

623. *Pour régulariser le tirage* de la cheminée, les locomotives ont quatre appareils, savoir :

1°. L'*échappement*, par une tuyère à étranglement va-

riable, de la vapeur sortant des cylindres de la machine. (Voyez nos 208 et 209.)

2° La *porte du cendrier* (Voyez n° 207), laquelle est manœuvrée par une tringle à poignée, que le mécanicien peut atteindre et accrocher à divers crans sans quitter sa place.

3° Le couvercle de la cheminée pour faire dormir le feu (Voyez n° 207, 3°).

4° Le registre d'air froid placé sur la boîte à fumée pour rafraîchir la base de la cheminée en cas d'excès de tirage.

624. Sur quelques lignes on a ajouté au faîte de la cheminée une sorte de *paravent* (fig. 8) analogue à celui qui surmonte souvent les cheminées d'appartement dans un but bien connu; tantôt il est mobile à l'aide d'une girouette, tantôt il se relève, se rabat et se dirige à une position fixe à l'aide d'une tringle que le mécanicien arrête à des encoches ménagées dans ce but. Cet appareil, que nous retrouverons dans la navigation à vapeur, n'est peut-être pas nécessaire dans les circonstances ordinaires, mais il rend d'évidents services sur les lignes où on est exposé souvent à de violentes bourrasques, comme sur la ligne de Lyon à Marseille, où l'impétuosité du *mistral* peut arrêter tout à coup le tirage de la cheminée.

625 L'*appareil alimentaire* des locomotives se compose de deux pompes à eau mues par la machine, et à peu de chose près, conformes au système décrit au n° 210. Les nos 211 et 212 indiquent la quantité d'eau fournie par la pompe et sa manœuvre. Nous ajouterons quelques observations :

1° L'existence de deux pompes alimentaires est indispensable sur les locomotives; leur visite doit être de la

plus grande facilité; car aucun appareil de la locomotive n'est peut-être aussi délicat.

2° Comme les pompes sont assez sujettes à avoir des fuites par leurs garnitures, il importe de les placer de manière à ce que l'eau de ces fuites ne tombe pas sur les pièces du mécanisme. Une des plus mauvaises places qu'on puisse leur donner pour cette raison est en contre-haut des glissières qui guident la crosse ou tête de la tige du piston, et où se trouve souvent la plupart des pièces délicates du mécanisme moteur.

3° En hiver, l'eau reste dans les pompes et chaque année cause, en gelant, un grand nombre d'avaries. Il faut donc les tenir au chaud en les enveloppant et les munir de robinets ou bouchons, par lesquels toute l'eau qui pourrait encore rester puisse s'écouler au dehors. Pour entretenir les pompes dans un milieu chaud, nous aimerions les voir renfermées dans une chambre close contre la boîte à feu, dont la chaleur rayonnante les préserverait de la gelée, même après l'extinction du foyer, ainsi qu'il est indiqué dans la figure 8.

4° Les tuyaux d'aspiration, de refoulement de l'eau et des robinets d'essai ont, comme les pompes, besoin d'être en hiver vidés d'eau et munis d'une enveloppe préservatrice du froid.

5° Le robinet d'essai dont il est parlé au n° 212 doit être installé de manière à ce que, sans quitter sa place, le mécanicien puisse le voir même dans l'obscurité de la nuit, et présenter le doigt au jet, en cas de doute sur son intermittence (238). Ce jet jaillit au loin ; le bec du robinet doit donc être dirigé transversalement à la marche, afin que ni le mécanicien, ni les voyageurs du train, ni le mécanisme de la machine n'en soient atteints.

6° Enfin, le fréquent usage de ce petit robinet ayant pour résultat d'altérer bientôt son rodage, il s'en échappe de l'eau dont l'épanchement ne doit avoir lieu ni sur la plate-forme où se tient le mécanicien qui en serait incommodé, ni sur le mécanisme qui serait oxydé. Spécifier ces divers inconvénients, c'est dire suffisamment où ce robinet peut être et ne pas être.

626. Le *petit cheval* dont il est parlé au n° 231 sert à alimenter la chaudière pendant les stations prolongées et dans les dépôts. En Prusse, en Allemagne et en Autriche les locomotives en sont généralement pourvues. En Angleterre, en Belgique et en France on est moins d'accord sur son utilité. L'opinion la plus générale paraît être qu'il n'est nécessaire qu'aux machines à marchandises qui peuvent rester parfois une heure, et plus. à des stations sur la ligne pour organiser le train et donner passage à des convois plus rapides.

L'exposition de 1855 a offert aux ingénieurs une grande variété de *petits chevaux*, entre lesquels nous n'avons pas trop vu de motifs de préférence. Les conditions de leur installation sont d'ailleurs les mêmes que pour les pompes alimentaires, dont il est parlé au numéro précédent.

Quelquefois les locomotives n'ont pas d'autres pompes alimentaires que deux de ces pompes à vapeur dites *petit cheval*. Nous en voyons l'exemple dans les locomotives du chemin de fer d'Auteuil, près Paris. Si une seule pompe alimentaire, à cause de ces fréquentes mises hors de service, est insuffisante sur une locomotive, à plus forte raison un seul *petit cheval*, qui est plus compliqué encore et plus délicat, ne peut-il pas suffire comme seul appareil alimentaire.

Nous avons dit que l'addition d'un *petit cheval*, lorsque

la machine a ses deux pompes ordinaires, n'était pas, en France du moins, toujours légitimée par les circonstances du service. Il y a cependant des cas exceptionnels où, faute de pouvoir alimenter une chaudière de locomotive forcément arrêtée, le foyer s'est brûlé. Cela peut arriver, par exemple, pour une locomotive avariée qui ne peut plus marcher, et attend un secours qui ne viendra, peut-être, qu'au bout d'une heure. Comment maintiendra-t-on pendant ce temps le niveau d'eau à un degré suffisant? Nous voudrions pour cela que les pompes de la machine, l'une d'elles au moins (voyez fig. 8 et 9), pût être débrayée de son organe moteur ordinaire par l'enlèvement, dans l'espèce, de la barre excentrique *ab* et pourvue ensuite d'un levier à douille *cd*, à l'aide duquel le chauffeur pût mouvoir la pompe à la main.

627. Les *indicateurs de niveau d'eau*, applicables aux locomotives, sont le tube-jauge du n° 215 et les robinets-jauges du n° 216. Les flotteurs ne peuvent être employés, tant à cause de la forme intérieure de la chaudière que des secousses imprimées à la nappe d'eau en marche.

Il faut appliquer au tube et aux robinets-jauges sur les locomotives les observations faites aux n° 217. Ajoutons que ces appareils doivent être éclairés pendant la nuit par une lanterne placée à côté d'eux. Or, cette dernière ne saurait rester allumée si elle n'est pas à l'abri du vent, toujours si vif sur les chemins de fer. Cette considération, jointe au besoin que le mécanicien a d'avoir sans cesse sous les yeux ces indicateurs, les a fait jusqu'ici placer en dedans du garde-corps en tôle qui entoure la plate-forme où se tient le mécanicien, et ordinairement sur la face arrière du foyer, au-dessus de la porte de chargement.

On a vu que le tube-jauge était exposé à casser fréquemment. La présence continuelle de ce tube tout auprès du mécanicien et du chauffeur rend pour eux dangereuse la projection de ses éclats en cas de rupture. Il faudrait donc pouvoir retenir ces éclats dans un manchon de treillis en fil d'archal ou dans un tube de cuivre fendu longitudinalement comme il se pratique sur les chaudières d'usines et de bateaux. Mais le niveau d'eau n'est déjà pas facile à observer en marche dans le tube sur la locomotive, et le manchon rendra plus difficile encore son inspection. Un appareil, réunissant la sécurité au bon service, est encore attendu, et tout ce qu'on peut faire est d'apporter un soin tout spécial dans la fabrication et la réception des tubes en verre.

628. *Les appareils de sûreté* adaptés aux locomotives pour prévenir les effets de l'accumulation de la vapeur, sont le manomètre et les soupapes de sûreté.

Le *manomètre* des locomotives, dont la pression de vapeur égale au moins 7 atmosphères, ne peut être évidemment choisi que parmi les manomètres à ressort ou à air comprimé. Celui-ci est généralement abandonné à cause de la peine qu'on a à maintenir la propreté intérieure du tube de verre. Le manomètre à mercure et à piston de *Galy-Cazalat* et le manomètre à spirale de *Bourdon* (Voir n^os 218 et 219) sont les plus généralement employés.

Pour l'installation et la place à leur donner, voyez l'observation déjà faite au n° 219.

Les *soupapes de sûreté* (224) peuvent, sur les locomotives, être à ressort et accolées l'une auprès de l'autre sur la même cuvette, pourvu qu'elles soient entièrement libres de fonctionner séparément. La circulaire ministé-

rielle de 1846 autorise cette dérogation à la règle générale qui n'acceptait que les soupapes chargées de poids et placées aux deux extrémités de la chaudière.

Par une autre dérogation, il est permis de n'essayer les chaudières de locomotives que sous une pression double de la pression normale.

*Le bouchon fusible* (227) des locomotives consiste en un petit cône de métal fusible à environ 200 degrés et coulé dans un trou conique lui-même qui est percé dans le ciel du foyer.

629. Pour entretenir la propreté de leur chaudière les locomotives sont pourvues de bouchons de lavage, robinets de vidange et trous d'homme.

*Les bouchons de lavage* (229) sont nécessairement nombreux sur la chaudière de locomotive, si difficile à nettoyer. Leur principale place est en dessous et aux angles du foyer. Le constructeur doit étudier cette place avec soin, afin qu'on puisse les atteindre, les ôter, les remettre avec grande facilité et sans toucher à aucune pièce de la machine; car le lavage des locomotives se fait par des hommes de peine qui ne peuvent et ne doivent rien toucher autre chose que leurs bouchons de lavage.

L'état boueux de l'eau qui sort dans le lavage donne un surcroît d'importance à la recommandation faite au n° 625, 5°, de prendre garde que le trou soit percé de manière à ne pas envoyer le jet sur les pièces de la machine.

Les *robinets de vidange* (223) se placent, un de chaque côté au bas de la boîte à feu. Il est nécessaire que l'un d'eux soit muni d'une poignée à la portée du mécanicien, afin que celui-ci puisse s'en servir en marche, soit pour donner issue à l'eau vaseuse du fond, soit pour faire

baisser un niveau d'eau trop élevé par suite d'une alimentation excessive.

*Le trou d'homme* (230) proprement dit n'existe guère sur les chaudières de locomotives, auxquelles doit surtout s'appliquer l'observation du n° 232. Quand il existe un dôme sur la chaudière (voy. fig. 8), celui-ci est simplement boulonné sur cette chaudière, afin qu'on puisse l'enlever et pénétrer dans l'intérieur; il doit en être de même de la cuvette des soupapes de sûreté et de la boîte du régulateur qui remplace le dôme dans certaines machines (Voy. fig. 6). Voilà les seuls trous d'homme usités.

630. *Le sifflet* (228) s'emploie sur les chemins de fer pour donner au mécanicien la faculté de faire des signaux. Son bruit doit être entendu à 1000 mètres de distance au moins par tous les temps. Les diverses classes de machines dont il sera parlé à la section IV de ce chapitre ont ordinairement des sifflets à sons différents. On distingue au moins celui des machines à voyageurs et celui des trains de marchandises.

Pour diverses lignes qui ont à prendre une direction parmi plusieurs embranchements, il existe aussi en quelques pays des sifflets différents, afin que l'aiguilleur, averti, sache d'avance quel croisement il doit ouvrir : un nombre de coups déterminé d'un seul et même type de sifflet pour toutes les machines remplit aussi le même but et est plus simple.

Le bruit strident du sifflet, bruit qu'on sera forcé de porter de plus en plus loin à mesure qu'on accroîtra la vitesse des trains, ce bruit, disons-nous, est pénible pour les mécaniciens. Quelques-uns se sont plaints d'en éprouver une affection de l'ouïe, non sans gravité. D'un autre côté, en l'éloignant, près de la cheminée par

exemple, on gagne peu de chose à une si petite distance, et on est moins sûr du jeu de l'appareil, qu'on ne peut plus manœuvrer que par l'intermédiaire de tringles, au lieu de l'avoir directement sous la main. Le sifflet est donc encore un de ces organes de détail qu'il faut recommander à l'étude des ingénieurs.

3° Du combustible employé dans les locomotives.

631. Nous avons dit que les proportions de la chaudière, et notamment du foyer, dépendaient en grande partie du combustible employé. Entrons dans quelques détails sur ce sujet.

Disons d'abord que la seule prescription de l'autorité administrative est que les locomotives ne projettent ni fumée ni flammèches : la fumée doit être brûlée ; les flammèches et expansions d'étincelles ou morceaux embrasés doivent être arrêtées au bas du foyer par un cendrier, et dans la cheminée par une grille.

Sous la réserve de cette double prescription, l'ingénieur a toute liberté d'employer les combustibles qu'il trouve à sa disposition.

Le combustible généralement employé jusqu'ici sur les chemins de fer est le coke de houille. Ses propriétés sont énoncées aux nos 112 et suivants. Son extrême dûreté et le peu d'hydrogène qu'il contient font qu'il ne peut brûler qu'en grande masse. Il lui faut donc des foyers profonds et spacieux. Dans les conditions moyennes son épaisseur sur la grille varie de 30 à 50 centimètres ; mais il y a souvent nécessité d'en charger une bien plus grande épaisseur. On voit, d'après les tableaux comparatifs des locomotives (que nous avons été obligé de re-

jeter au chapitre V de ce volume), qu'en général le foyer est proportionné pour contenir au moins un demi-mètre cube de coke sur une épaisseur moyenne de 50 centimètres, en se réservant la possibilité de doubler en cas de besoin ce volume.

632. Le coke est un combustible coûteux qui exige un travail préalable délicat, et le moment est venu de chercher à lui substituer les combustibles naturels qui n'exigent pas de préparation préliminaire.

En Allemagne, en Belgique, en Autriche et en Amérique on emploie déjà le bois, la tourbe, les lignites, la houille sèche et l'anthracite.

Sur la ligne d'Anvers à Gand on a dès l'origine brûlé de la houille.

En Bohême, les lignites ont été employés aussi avec succès dès 1850. D'après M. Couche (*Annales des mines*, 4[e] série, t. XIX; *Annales des chemins de fer* de juillet 1852). Voici quelle avait été la consommation de divers lignites et houilles par kilomètre :

| | |
|---|---|
| Houille de Prédelic. . . . . . . . . . . . . . . . | 4k,21 |
| *Id.* . . d'Hottowitz. . . . . . . . . . . . . . | 5 ,43 |
| *Id.* . . de ****. . . . . . . . . . . . . . . . | 4 ,43 |
| Lignite et houille d'Arbesccau. . . . . . . . . . | 8 ,19 |
| *Id.* . . . . . . . . de ****. . . . . . . . . . . | 9 ,30 |

Ce n'est guère plus que la consommation ordinaire de coke. La seule modification apportée au foyer fut de le faire moins profond et de rapprocher les barreaux de la grille; l'expérience a indiqué en effet qu'il fallait moins d'air, que l'épaisseur de combustible sur la grille ne devait guère excéder 1 décimètre, que la grosseur des morceaux chargés dans le foyer était en moyenne celle du poing ; mais surtout on reconnut la nécessité d'avoir

le combustible très-sec et à l'abri de la pluie, aussi bien sur le tender que dans les magasins.

Les essais de consommation de houille faits sur le North-Western railway sont relatés ainsi qu'il suit dans le Bulletin des ingénieurs civils de Londres, séance de septembre 1854 et le Bulletin de la Société d'encouragement de décembre 1854).

| | COMBUSTIBLE. | PARCOURS en milles. | VITESSE par heure en milles. | CONSOMMATION par mille. | LIVRE d'eau évaporée par livre de combustible. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m. | m. | l. | l. | |
| 1 | Coke. . . . . . . | 492 | 34,62 | 25,34 | 8,60 | Expériences faites avec une locomotive de système ordinaire. |
| 2 | Houille ordinaire. | 492 | 33,26 | 35,58 | 5,78 | |
| 3 | Coke. . . . . . . | 464 | 29,44 | 26,80 | 8,82 | |
| 4 | Grosse houille. . | 464 | 28,96 | 44,66 | 5,86 | |
| 5 | *Id.* de Cobles. . | 464 | 27,76 | 54,49 | 5,97 | |
| 6 | *Id.* de Hawbury. | 464 | 32,96 | 47,75 | 4,52 | Machine de Mac-Connel. |

Sans doute, les consommations de houille sont plus fortes que celles de coke, et elles vaporisent beaucoup moins d'eau; mais la dépense n'atteint pas de telles proportions qu'on ne puisse déjà voir dans ces essais un succès, surtout si l'on remarque qne les foyers disposés pour brûler le coke ne sont pas convenables pour la houille.

Et puis soit 40 francs la tonne de coke et 26 celle de houille. On trouvera, même en ne prenant que les deux premières expériences, un prix de

0f,50 par mille pour le coke;
0f,43 par mille pour la houille.

L'emploi de la houille est donc économique.

Ces résultats, qui s'accordent avec ce qui est aujourd'hui constaté partout, ont amené à brûler de la houille pour le service des marchandises sur presque toutes les lignes françaises, et quand on sera parvenu à brûler sa fumée comme le prescrivent les ordonnances et cahiers de charges de concession, qui sont la loi des compagnies, le coke sera certainement partout abandonné.

633. *Pour bien brûler la houille*, MM. Woods et Marschal ont indiqué huit conditions qui sont à peu près les mêmes que celles qu'avaient déjà spécifiées MM. Couche et Molard, savoir :

1° Donner aux grilles plus d'étendue qu'on ne l'a fait jusqu'ici pour l'emploi du coke.

2° Mettre la houille sur la grille, sur une couche de hauteur uniforme n'excédant pas $0^m,15$ centimètres.

3° Employer des houilles dures, pures, exemptes de pyrite et de schiste, faisant peu de cendre et de mâchefer.

4° La houille en morceaux moyens, exempte de menu, convient jusqu'ici mieux que toute autre.

5° Les barreaux doivent être plus serrés qu'avec le coke, un moindre volume d'air étant nécessaire, puisque la masse du combustible est très-réduite.

6° Le feu a besoin d'être conduit avec beaucoup de soin, la houille chargée par petites quantités à la fois, aux instants où le foyer est en pleine incandescence.

7° Le mécanicien prendra soin que le combustible couvre bien la grille, sans obstruer néanmoins le passage de l'air.

8° Il est indispensable que la locomotive soit munie des organes propres à varier l'appel d'air suivant les besoins.

Avec ces conditions, on ne brûlera pas entièrement la fumée, mais on en rendra l'émission très-tolérable, sauf pendant l'allumage et dans les charges aux stations.

634. *Pour rendre entièrement fumivore* une locomotive, on a proposé divers moyens, sur lesquels il y a encore trop d'incertitude pour que nous puissions nous y étendre longtemps.

Nous avons résumé au nº 510 les principes sur lesquels sont basés la plupart des fumivores connus. On a souvent tenté de les appliquer aux locomotives, notamment l'appareil Dumery, la grille à gradins de MM. de Marsilly et Chobrzenski (voyez Procès-verbaux de la Société des ingénieurs civils en 1855 et 1856), les chambres dites de mélange (voyez les Rapports sur les locomotives de l'exposition de 1855, et Mémoires à la Société des ingénieurs civils de Paris en 1855 et en 1856). Mentionnons enfin les doubles foyers de Beattie (1) et Millholand.

635. Outre le coke, les houilles et la lignite, on a consommé aussi dans les locomotives du bois, de l'anthracite et des houilles sèches On a vu, au chapitre II de la première partie, les propriétés de ces divers combustibles et les conditions de leur combustion. Nous ajouterons quelques observations spéciales aux locomotives.

*Le bois* (119) produit beaucoup d'étincelles et de flammèches, dont l'expansion dangereuse hors de la chemi-

---

(1) La locomotive Beattie a les dimensions suivantes : diamètre du cylindre, $0^{m},38$ ; course, 0,52 ; diamètre des roues motrices, $2^{m},12$ ; pression de la vapeur, 8 atmosphères. Les expériences ont été effectuées sur un parcours de 2200 myriamètres. Dans le foyer proprement dit on brûle du coke ; dans le foyer placé en arrière du premier, se place la houille, dont la fumée se brûle en traversant le foyer à coke. La consommation a été de 5 kilog. par kilomètre, dont 2/3 en houille et 1/3 en coke.

née ou du foyer, doit être prévenue avec un grand soin, sous peine de causer des incendies dans le voisinage du chemin de fer On ferme donc avec soin le cendrier par derrière et par côté. Quant à la cheminée, on la munit intérieurement de cloisons hélicoïdales renfermées dans une partie évasée, qui rejette en bas les morceaux de braise lancés par le tirage. Il serait à souhaiter en outre que le jet de vapeur dans cette cheminée, *dite à pavillon*, ne fût pas trop énergique (fig. 14).

Quant *à l'anthracite* (109), autant les chemins de fer américains (1) peuvent se le procurer bon en Pensylvanie, autant on a de peine à tirer un bon parti des anthracites de France. On y en trouve de très-purs et très-riches en carbone, mais, subissant trop brusquement la chaleur du foyer, ils se délitent et se pulvérisent au feu, et on est encore à peu près à la recherche des moyens de les utiliser. Nous avons au contraire de très-bonnes *houilles maigres*, moins chaudes il est vrai que les anthracites, mais ne se délitant pas au feu. Elles sont exemptes de fumée, conviennent à des foyers comme ceux des locomotives, et sont, par conséquent, éminemment propres aux chemins de fer. Elles ont besoin d'un violent appel d'air. Peut-être en forçant cette entrée d'air sous la grille, après avoir fermé le cendrier par un jet de vapeur pris sur la chaudière, parviendrait-on à utiliser ce combustible

(1) Parmi les machines américaines brûlant de l'anthracite, on remarquera dans le tableau celle de M. Millholand dans laquelle le foyer a deux chambres, comme dans les machines bien connues de Blavier et Mac-Connel. La première est celle où se jette le combustible, c'est le foyer proprement dit. L'autre, où les gaz achèvent de se brûler, dite chambre de mélange, contient 4 à 5 bouilleurs plats, dits lames d'eau, dont la surface s'ajoute à celle du foyer et de la chambre de mélange pour former 16 mètres carrés de surface de chauffe.

mieux qu'en donnant au tirage de la cheminée cette énergie qui ne s'obtient qu'en créant dans la machine un excès de contre pression nuisible au rendement de travail effectif du moteur.

Parmi les usines où ce procédé a été avantageusement employé pour les machines fixes, on peut citer l'atelier des messageries générales à Paris. L'appareil a été étudié avec une persistance qui, à travers de longs tâtonnements, a conduit à d'excellentes dispositions d'ensemble. Il ne nous est permis que de constater un fait reconnu partout où des expériences de ce genre ont été faites, c'est qu'il ne faut pas diriger le jet de vapeur et d'air sur la grille, dont il ne frapperait pas également toute la surface, mais sur un point du cendrier d'où le jet puisse s'épanouir, pour ainsi dire, également sous toute la masse du combustible.

636. *La dépense du combustible* constitue, sur les chemins de fer, une très-forte partie des frais de traction. On la voit varier du simple au double, suivant l'habileté et la bonne volonté du mécanicien. Son transport constitue en outre une partie non négligeable du *poids mort* du train.

Il est donc de toute nécessité d'intéresser le personnel de la traction à économiser à tout prix le combustible par une bonne disposition de machines, une intelligente répartition du service et une habile conduite (voyez nº 114).

Le rapport de la dépense de combustible à la charge du train, et par conséquent au travail développé, est plus variable sur les chemins de fer que partout ailleurs. Les expériences manquent sur ce point; selon Stephenson, a-t-on dit, une locomotive marchant seule sur la voie avec son tender, mais sans train, consomme sensiblement

autant de coke que lorsqu'elle traîne 12 ou 15 voitures. Nous croyons qu'on a exagéré l'opinion du célèbre ingénieur; mais dans des expériences que nous avons faites nous-mêmes dans un autre but, et où nous regrettons maintenant de n'avoir pas tenu note des consommations relativement à la charge remorquée, nous nous souvenons cependant d'avoir constaté habituellement ce qui suit : le poids du train, tant qu'il ne dépassait pas les limites de 7 à 12 voitures, influait peu sur la consommation de combustible, toutes choses égales d'ailleurs; mais ce poids du train, hors des limites ci-dessus, l'état de la voie et du matériel, la violence du vent, la qualité du combustible, faisaient varier la dépense de celui-ci, parfois du simple au double.

### § II. — Mécanisme des locomotives.

637. Les locomotives sont des machines à vapeur dont le caractère fondamental est une grande célérité de mouvement jointe à une réduction toute spéciale du poids. Elles appartiennent donc à la classe des machines à organes courts, ramassés et à rotation rapide. On voit par les tableaux G et suivants du chapitre V, qu'elles donnent jusqu'à 180 tours par minute, soit par seconde 3 tours, et de 3$^m$,30 à 3$^m$,60 pour la vitesse correspondante du piston.

La condition de légèreté jointe à l'impossibilité d'emporter beaucoup d'eau, fait que les locomotives ont toujours été jusqu'ici à *haute pression* et sans *condensation.*

Les anciennes locomotives fonctionnaient à 5 atmosphères de pression. On voit aujourd'hui que leurs chaudières sont timbrées à 8 et même à 9 atmosphères. On ira probablement encore au delà dans l'avenir.

La vapeur admise aux cylindres n'y est introduite que pendant une fraction de la course du piston, et elle se détend pendant le reste de cette course, en suivant les règles indiquées aux sections 2 et 3 du second chapitre de la première partie.

638. Le travail des locomotives offre, on l'a vu aux nos 606 et suiv., une très-grande variation. Il faut donc que la *détente soit variable*, entre d'assez larges limites, afin de proportionner au travail à développer la puissance exercée par la vapeur sur les pistons moteurs.

Le seul système usité généralement aujourd'hui est celui de la coulisse Stephenson, décrite aux nos 260 et suivants. Elle permet de varier la détente entre des limites qui peuvent varier de 0,2 à 0,5 de la course du piston. Elle n'est pas prolongée au delà; car on sait que la vapeur sortant des cylindres est évacuée dans la cheminée pour y forcer le tirage (621).

Mais pour que cette détente ne produise pas un nuisible refroidissement des cylindres, on ne saurait trop recommander de tenir ces cylindres exposés à une température élevée d'environ 200 degrés. C'est ce qui a lieu naturellement, quand les cylindres, suivant le type ancien, sont enfermés dans le bas de la boîte à fumée.

Dans le cas contraire, tout ce qu'on peut faire est de protéger les cylindres contre le refroidissement par des enveloppes épaisses (89), ou de les entourer d'une *chemise* recevant la vapeur venue de la chaudière, suivant le système si avantageusement suivi dans les machines d'usines, et que M. Polonceau a déjà mis en pratique pour les locomotives.

639. *Quant à la condensation*, sans doute on a besoin de la vapeur sortant du cylindre pour l'injecter dans la

cheminée, afin d'en activer le tirage ; mais comme rien n'empêche d'emprunter cette injection de vapeur à la chaudière elle-même, ainsi qu'il se pratique dans les bateaux à vapeur, il est évident que rien ne s'opposerait à condenser la vapeur dans les locomotives, et d'utiliser ainsi beaucoup plus sa puissance expansive, s'il existait un système de condenseur léger, simple et n'ayant pas besoin d'eau en quantité considérable, qu'il ne sera jamais possible d'emporter avec le train. La solution du problème ne serait peut-être pas impraticable avec des appareils condensant à sec (270) dans des tuyaux multiples, exposés simplement au contact de l'air, que la grande vitesse de la marche rend très-frais en toute saison. Sauf durant les grandes chaleurs d'été, il est donc probable qu'on pourrait employer avec succès un appareil de ce genre; mais jusqu ici rien de sérieux n'a été proposé, à notre connaissance, pour la condensation de la vapeur dans les locomotives.

640. Comme *agencement général* du système, la machine est *double;* c'est-à-dire qu'il y a deux cylindres à vapeur ayant chacun leur piston, leur tige, leur bielle et leurs manivelles distincts. (Voyez l'observation du n° 299.)

La machine est en outre *conjuguée*, c'est-à-dire que les manivelles sont placées à angle droit sur le même arbre ou essieu moteur, en sorte que l'un des pistons est au milieu de sa course quand l'autre est à fond de course et au point-mort. Cette disposition dispense de volant; cet organe ne serait guère praticable ; et d'ailleurs les locomotives n'ont pas besoin de cette parfaite uniformité demouvement qui doit caractériser les machines fixes des manufactures.

Pour la même raison, les locomotives n'emploient pas de pendule modérateur.

Toute locomotive doit pouvoir marcher aussi bien en *arrière* qu'*en avant*, et être par conséquent munie d'un appareil de changement de marche complet (267) ; son caractère essentiel est : d'obéir avec promptitude et sans hésitation, quelle que soit la vitesse acquise. Il importe que la distribution soit aussi facile et aussi régulière dans un sens que dans l'autre.

Le seul organe jusqu'ici généralement employé est la coulisse Stephenson (260), mue par deux excentriques distincts avec leur calage spécial et manœuvré par un *levier de relevage* commun (voyez n° 267). Ce *levier de relevage*, se place contre la boîte à feu, du côté de l'entre-voie, c'est-à-dire ordinairement à droite, de manière que le mécanicien puisse le manœuvrer sans quitter sa place (voyez fig. 6 et suivantes). Il doit être aisément maniable à une seule main pour un homme de force ordinaire.

Le *verrou* qui l'arrête dans les crans *du guide* doit être à ressort et disposé de manière à ce que la main qui manœuvre le levier manœuvre aussi le verrou par un seul et même mouvement, sans qu'il soit besoin d'y porter l'autre main, laquelle est occupée à manœuvrer le régulateur (203). Enfin le verrou doit être installé avec un grand soin, car s'il manque, le levier se déclanche, oscille violemment dans le guide, et peut venir frapper le mécanicien en pleine poitrine. C'est un accident assez fréquent qu'il faut prévenir. (Voyez planche IV, fig. 1 du 1<sup>er</sup> volume.)

641. De tous les types de machines à vapeur, un seul,

sauf de très-rares exceptions, est suivi pour les locomotives. C'est le type à cylindre fixe, placé en contre-bas de la chaudière, horizontalement ou avec une légère inclinaison sur le bâti, dont il sera ci-après parlé (648), la tige du piston qui sort du cylindre est relié aux manivelles de l'axe ou essieu moteur par une simple bielle de connexion qui continue la tige du piston, laquelle est guidée rectilignement par deux glissières.

Pour chaque cylindre il existe : 1° une coulisse Stephenson, mue par *deux* excentriques; un seul et même arbre *de relevage* pour les deux machines : 2° une pompe alimentaire, mue soit par la tête de la tige du piston à vapeur, soit par un des excentriques de la distribution, et voilà tout le mécanisme de la locomotive.

Pendant qu'on a varié à l'infini les systèmes de machines fixes et marines, le mécanisme des locomotives n'a été modifié que dans les détails depuis un grand nombre d'années. C'est que, il faut le dire, les essais de modifications ont été rarement heureux, soit parce qu'elles étaient mal étudiées ou mal exécutées, soit parce qu'elles étaient incompatibles avec les conditions auxquelles doivent satisfaire les locomotives. Ainsi les engrenages, les leviers ou poulies pour varier la force et la vitesse, ne peuvent y entrer, si ce n'est dans des cas tout à fait exceptionnels; tous les appareils qui compliquent le mécanisme ou alourdissent l'appareil sans nécessité absolue doivent être rejetés.

Il en est de même de cette multitude de mécanismes, quelquefois très-ingénieux, qu'on propose chaque jour pour obvier aux chocs, aux déraillements, aux incendies, au patinage, et dont le moindre défaut est d'em-

barrasser beaucoup pour ne servir que dans des cas heureusement très-rares, et peut-être jamais. Ce sont les conditions même de la machine qui doivent prévenir ces accidents, et non des appareils additionnels. (Voyez le Mémoire sur les moyens de prévenir les accidents de chemins de fer, *Journal de l'invention*, par Gardissal, 9ᵉ année, nᵒ 4, et *Compte-rendu de l'exposition de* 1855 publié par M. Delamarre.)

642. Le mécanisme doit-il être placé sous la chaudière entre les roues, ou bien en dehors de celles-ci ? C'est une question qui divise beaucoup les constructeurs de locomotives et ingénieurs de chemins de fer.

Dans les premières locomotives anglaises tout le mécanisme était *intérieur*. Dans les machines américaines, au contraire, on a tout mis *extérieurement*. Vers 1850 Crampton a poussé ce système jusqu'à ses plus extrêmes limites.

Mais à l'époque de la création du chemin de fer de Rouen, M. Buddicum a mis en usage un système mixte : le mécanisme proprement dit, c'est-à-dire les cylindres, glissières de la tige du piston, bielles motrices et manivelles, ainsi que les pompes alimentaires et la traction des tiroirs distributeurs, ont été mis extérieurement; les excentriques, leur bielle, leur relevage et leur embrayage avec le mouvement des tiroirs, sont restés sous la chaudière. En 1847, M. Polonceau a fait tout le contraire; les cylindres, les glissières, les bielles motrices et les manivelles sont entre les roues, tout le reste du mécanisme est en dehors.

Ainsi il existe dans les locomotives quatre systèmes pour l'installation du mécanisme, que nous spécialiserons par le nom de ceux qui les ont vulgarisés, savoir :

les systèmes Stephenson, Buddicum, Crampton et Polonceau.

643. *Les défauts des machines à mouvement intérieur* sont les suivants :

1° Le mécanisme est difficile à visiter, réparer et graisser ;

2° Il oblige à donner à l'essieu moteur la forme d'un vilebrequin à deux coudes, pièce de forge plus coûteuse et plus difficile à réussir qu'un essieu droit (663) ;

3° Le mécanisme est trop ramassé sous la chaudière quand la machine est puissante ; on est gêné pour le diamètre des cylindres, et la plupart des pièces sont réduites à une trop mince épaisseur ;

4° On est forcé de trop élever la chaudière au-dessus du mécanisme, afin de laisser place à son jeu.

*Les avantages des machines à mouvement extérieur* sont les suivants :

1° Les cylindres s'attachent plus solidement sur le bâti ;

2° Il est facile de les tenir chauds étant au fond de la boîte à fumée (638) ;

3° La machine a plus de stabilité et moins de tiraillements horizontaux sur les manivelles de l'essieu moteur ;

4° Presque aucune pièce n'est en porte-à-faux.

644. *Parmi les conditions générales* énoncées aux n^os^ 298 et suivants, nous recommanderons, en ce qui concerne les locomotives, de porter spécialement l'attention sur les articles suivants :

1° Les *secousses* éprouvées par la machine sont une des premières circonstances de leur marche ; elles dérivent soit du défaut d'équilibre des pièces en mouvement dans

la machine elle-même, soit du mauvais état de la voie ou des roues. Le constructeur de locomotives doit donc, en premier lieu, un soin tout spécial à l'annulation des actions perturbatrices développées dans le jeu du mécanisme. (Voyez ce qui est dit à cet égard au n° 303.)

L'attention se portera surtout sur les pistons, tiges et bielles, car leur vitesse est nécessairement considérable, et les effets qui se manifestent à chaque point mort ont besoin d'être atténués par la réduction de leur poids.

La bielle motrice se fait communément dans les locomotives, d'une longueur égale à cinq fois le rayon de la manivelle; plus longue elle devient beaucoup trop lourde; plus courte elle rend trop pénible le passage de la manivelle en ses points verticaux, et il en résulte trop de pression sur les glissières qui maintiennent la crosse de la tige du piston.

645. *La solidité des assemblages et la résistance des pièces* (300), est la seconde conclusion que le constructeur de locomotives tirera de la violence des secousses que ces machines éprouvent par leur propre instabilité où le mauvais état de la voie.

On admet dans la pratique des chemins de fer qu'une bonne locomotive doit fournir dans sa vie au moins 300 000 kilomètres de parcours, en ne subissant que les réparations d'entretien.

Celles-ci sont estimées, pour une locomotive originairement bien faite et entretenue avec intelligence, à un prix moyen qui, suivant les conditions des lignes, varie de 20 à 40 centimes par kilomètre, soit de 60 000 à 120 000 francs pour la vie entière de la locomotive. C'est, même dans le premier cas, souvent plus que son prix d'achat primitif.

Ces nombres suffisent pour prouver combien il importe de soigner dans la construction les moindres assemblages sans lésiner sur la matière première ni sur la perfection du travail, et sans marchander non plus sur le prix de fabrication, qui doit être suffisamment rémunératoire pour le constructeur. (Voyez le *Guide du constructeur de locomotives* (570), aux mots *Durée* et *Entretien*.)

646. L'*attache des cylindres* a été, au nº 301, l'objet d'une recommandation qu'il faut répéter spécialement ici pour les locomotives. Cette attache est souvent insuffisante, et c'est par là qu'ont péché beaucoup de locomotives depuis quelques années. C'est là aussi le défaut dans lequel tombent presque toujours les dessinateurs novices chargés d'étudier les projets de locomotives.

Plus est grande la vitesse de la machine, le diamètre du piston et la pression de la vapeur, plus solide aussi devra être l'attache des cylindres.

Ce qui n'est pas moins important, c'est que l'*axe des cylindres et des pièces* du mécanisme moteur soient exactement parallèles et dans le même plan; le moindre *gauche* a pour conséquence ces grippements et ruptures si prompts et si désastreux dans toute machine à mouvements rapides.

647. On a vu (303) que l'*allégement des pièces mobiles* du mécanisme intéressait la stabilité, en même temps que la condition fondamentale de réduction de poids. Pour en finir sur ce point, nous dirons que, s'il faut proportionner, aussi largement que possible la chaudière et les cylindres, c'est-à-dire le générateur et l'utilisateur de la vapeur, il faut, au contraire, à tout prix réduire le poids des pièces du mécanisme de transmission, sans altérer bien entendu leur solidité.

En France, où les matériaux ne sont pas assez sévèrement choisis dans la construction des locomotives, on est arrivé à de bien lourds organes. C'est au delà du Rhin qu'on a fait le plus de progrès dans cette voie; les pièces du mécanisme sont la plupart en acier fondu, puis corroyé, de premier choix; on a pu les diminuer presque de moitié, ainsi qu'on l'a vu en comparant les locomotives françaises et allemandes à l'exposition universelle de 1855.

Nous avons donné au chapitre V, parmi les annexes, un résumé des expériences de M. Timbrink sur la résistance comparée des aciers et du fer; on voit que celle de l'acier est à peu près double de celle du fer, et que, si le premier coûte plus cher que le second comme matière achetée, l'excédant de prix est en partie compensé par la diminution de poids et de volume.

De là nous concluons qu'il faudra tôt ou tard en venir à l'emploi du mécanisme d'acier en France comme en Allemagne, et comme, même avec des matériaux secondaires, le génie de nos ingénieurs est déjà souvent parvenu à ne rien redouter de la concurrence étrangère, nous appelons, dès à présent, de tous nos vœux cette réforme.

### § III. — Bâti des locomotives.

648. Le but du bâti dans une locomotive est multiple: 1° il porte le mécanisme ainsi que la chaudière, et il repose lui-même sur les roues qui l'entraînent dans leur rotation, par l'entremise *de plaques de garde* analogues à celles des wagons; 2° il reçoit l'attelage et l'effort de traction du convoi, ainsi que les chocs et refoulements des voitures; et il joue dans la locomotive le rôle qui est

attribué dans les wagons au châssis portant l'attelage. On ne saurait donc prendre trop en considération ce qui est dit au n° 302 sur la force et la rigidité des bâtis en général.

Outre les chocs accidentels violents, et non sans fréquence, auxquels doivent résister les bâtis de locomotives, ils ont une tendance à plier transversalement dans les courbes, et une autre tendance à céder verticalement sous les cahots de la voie et la charge du mécanisme. On prévient généralement la seconde tendance, mais pas toujours aussi bien la première.

649. *Le bâti a la forme* d'un cadre ou châssis horizontal fixé sur ou sous la chaudière. Il se compose des parties suivantes :

D'abord *les longerons longitudinaux*, qui sont formés eux-mêmes d'une ou plusieurs pièces parallèles, les unes en dehors des roues, les autres en dedans (voyez fig. 6, 7, 8, 9 et 13). Il existe même quelquefois un longeron au milieu, comme dans les locomotives de M. Polonceau et la plupart des machines que l'on construisait il y a quinze ans.

Les longerons doivent être exactement parallèles entre eux et avec l'axe de la machine, à égale distance duquel il importe aussi qu'ils soient fixés. Leur rigidité, leur résistance à la flexion transversale et au fouettage, sont des conditions capitales sans lesquelles la machine sera bientôt détraquée.

*La place que les longerons occupent* dans l'ensemble de l'appareil est aussi controversée parmi les ingénieurs que celle des cylindres intérieurs et extérieurs (voyez n° 642).

Nos machines françaises ont assez généralement un châssis, composé de deux longerons uniques, placés

en dedans des roues et accolés à la chaudière. Ils sont alors plus faciles à consolider, la machine est en outre plus simple et plus légère ; surtout les cylindres se fixent mieux qu'en aucun autre système. Mais leur défaut principal est de rétrécir d'au moins 5 centimètres le foyer déjà trop étroit de la chaudière (fig. 6 et 7). En Angleterre les châssis sont au contraire généralement en dehors des roues. Enfin les châssis sont souvent doubles, c'est-à-dire avec longerons extérieurs et intérieurs des deux côtés des roues. Les locomotives de MM. Crampton, Buddicum et Polonceau, offrent d'excellents types de ce dernier système (fig. 8 et 9).

650. Le système d'entretoisement ou consolidation transversales des longerons est de la plus haute importance, surtout à l'endroit des cylindres. La position de ceux-ci dans la machine détermine le système d'entretoisement ; en ce point les longerons doivent être très-rigidement reliés à la fois entre eux et à la chaudière.

En principe l'attache à la chaudière paraît vicieuse, puisque celle-ci se dilate et peut, dans ses allongements, exercer des poussées sur le bâti, qui doit être invariable. Or l'allongement par dilatation d'une chaudière de locomotive, longue par elle-même de 6 mètres, est d'environ 6 millimètres à l'extrémité ; c'est plus qu'il n'en faut pour déranger la pose des longerons : il y a donc deux précautions à prendre dans la construction.

1° On a vu qu'après avoir été dilaté dans plusieurs chaudes successives, le métal restait allongé d'une certaine quantité (150). Toute chaudière de locomotive devrait donc, avant de recevoir ses longerons, être chauffée au moins une fois à sa pression normale de service, afin que l'allongement permanent ait pu se produire.

2° A l'endroit des cylindres, on ne négligera rien pour consolider le bâti et le relier à la chaudière; mais on la laissera libre de se dilater le long du bâti, soit aux deux bouts, si les cylindres sont vers le milieu de la chaudière, comme dans les locomotives Crampton, soit du côté de la boîte à feu, si les cylindres sont à l'autre extrémité de la machine, comme dans les figures 6 et suivantes.

Cette faculté laissée à la chaudière de s'allonger tout en reliant les longerons, est généralement très-bien étudiée dans nos locomotives françaises, notamment dans celles de M. Cail, où on peut suivre les moyens d'en prévenir les effets sur le mécanisme mieux qu'à l'aide de toute description.

Pour que cette dilatation se produise régulièrement dans le service, nous recommanderons à l'inspecteur de la construction d'exiger que les parties glissantes des longerons et les supports en forme de douille où ils sont maintenus soient dressés très-symétriquement entre eux, ainsi que les surfaces d'empatement.

Outre l'entretoisage des longerons à l'endroit des cylindres, il existe encore, entre la boîte à feu et la boîte à fumée, une ou plusieurs armatures transversales, consistant soit en barres d'équerre avec les longerons, soit en supports reliant ceux-ci à la chaudière, laquelle joue alors elle-même le rôle d'entretoise. C'est à ces supports de chaudière que s'applique principalement la recommandation de laisser du jeu pour la dilatation.

Certaines locomotives allemandes, telles que la *Vienn-Raab* d'Haswel et la *Triffels* de Kœsler, qui étaient à l'exposition de 1855, avaient ainsi quatre supports de chaudière sur chaque côté, plus, dans la *Vienn-Raab*, huit traverses en tôle réunissant les longerons.

651. Ceux-ci sont encore réunis à leurs extrémités par des traverses, ordinairement en bois de gros équarrissage.

*La traverse d'avant* forme la partie antérieure de la locomotive ; elle la protége contre les chocs ; elle porte deux heurtoirs analogues à ceux des wagons et dans le même axe (579), ainsi qu'un crochet d'attelage servant à remorquer en arrière, et à tirer la locomotive elle-même. Il importe qu'elle ne gêne pas le démontage des couvercles de cylindres, non plus que l'enlèvement des pistons, et que ceux-ci puissent être démontés sans déplacer la traverse. Cette condition est rarement remplie : dans la machine de M. Polonceau la traverse d'avant se déplace seulement sans être mise à bas ; elle est en effet montée sur charnière, et il suffit de la faire pivoter autour de son axe, après avoir défait quelques boulons qui la fixaient. Dans les locomotives de Buddicum, à cylindres inclinés, la traverse a pu facilement être assez éloignée pour permettre, sans y toucher, d'enlever les pistons hors des cylindres.

*La traverse d'arrière* dans une locomotive bien organisée comprend pour entretoiser les longerons, outre la traverse proprement dite, qui correspond à celle d'avant, une paire de flasques en tôle, posées à plat, fortement reliées aux longerons, et recevant l'attache de *la barre de traction* du train.

Quand la locomotive doit remorquer indifféremment par ses deux extrémités, l'entretoisage extrême des longerons est identique autant que possible, parce que les conditions à remplir sont identiques elles-mêmes.

652. Les longerons, avons-nous dit, portent sur les roues par l'entremise des *plaques de garde* (599), celles-ci sont ou bien venues de forge avec les longerons, ou bien

sont rapportées par des rivures d'une manière invariable. Dans la partie où se logent les paliers ou boîte à graisse des roues, elles sont munies de glissières, dont il importe de soigner minutieusement la matière, l'ajustage et la pose d'équerre avec l'axe de la machine ; l'écartement des plaques de garde est en outre maintenu dans le bas par des tringles longitudinales et transversales.

Enfin sur les longerons s'attachent presque toutes les pièces du mécanisme, les cylindres, leurs glissières, la suspension des coulisses de distribution, les axes des divers leviers de relevage, les pompes alimentaires, etc.

Ce que nous venons de dire du bâti est insuffisant sans doute pour en connaître tous les détails, presque aussi variables d'ailleurs que les machines ; mais cela suffit pour apprécier l'importance de son rôle et de son entretien, ainsi que la nécessité de l'installer avec le plus grand soin. Une machine où les longerons seront négligemment travaillés, est condamnée à de perpétuelles avaries. Si, au contraire, cette partie fondamentale de la locomotive ne laisse rien à désirer, les autres pièces du mécanisme originairement mal posées seront toujours facilement remises en bon état.

### § IV. — Roues des locomotives.

**653.** Elles ont un double rôle : elles portent la machine comme toute roue de véhicule, et elles servent de propulseurs. Nous parlerons des roues considérées comme propulseur à l'article de la puissance de traction des locomotives : nous ne nous occuperons ici que de leur rôle de porteuses.

Bien que toutes les roues portent la machine, on les

distingue cependant en *roues motrices* et *roues libres* ou porteuses proprement dites. Les premières sont ainsi nommées parce qu'elles reçoivent le mouvement du mécanisme à la façon du volant des machines fixes ; les roues porteuses s'ajoutent aux roues motrices pour supporter la machine ; mais elles tournent librement comme les roues de wagon, et elles n'en diffèrent que par plus de solidité, étant appelées à plus de fatigue.

Les roues motrices sont, à proprement parler, celles que le mécanisme commande directement ; et, en général, il n'y en a qu'une paire portant spécialement ce nom ; mais on peut leur accoupler, par des bielles de connexion, tout ou partie des autres roues, et les faire concourir à la puissance motrice du remorqueur. La condition fondamentale est alors que toutes les roues couplées aient le même diamètre que les roues motrices proprement dites.

Considérées comme porteuses les roues de locomotives nous offrent à considérer leur charge, leur écartement, leur nombre, leur diamètre, leur position sous la machine et les principales conditions à remplir dans leur construction.

654. *L'écartement des roues* est, dans les locomotives, limitées par les mêmes considérations que dans les wagons. Comme dans ces derniers, l'*écartement latéral* (583) est réduit par celui du rail à $1^m,37$. Cette faible distance fait le désespoir des constructeurs de locomotives, parce qu'elle limite, par là même, la largeur des chaudières, qu'on n'a pas encore pu placer autre part qu'entre les roues.

Quant à l'*entr'axe extrême* (nom qu'on donne depuis peu à l'écartement des roues placées aux deux bouts de la

machine), il est, comme celui des wagons, limité par le rayon des courbes à franchir.

Mais les conditions de stabilité et la nécessité de donner assez de dégagement aux pièces du mécanisme, oblige à écarter les roues jusqu'aux dernières limites permises par le rayon de ces courbes.

La pratique n'a sur ce point enseigné jusqu'ici que trois faits :

1° Sur les lignes où le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 1000 mètres, on a pu pousser l'entr'axe des roues fixes à 5 mètres au plus sans de graves inconvénients;

2° Sur les lignes où les courbes ont moins de 500 mètres, l'entr'axe des roues fixes n'a guère pu excéder 3 mètres sans danger;

3° Quand le rayon des courbes est inférieur à 200 mètres, l'entr'axe des roues fixes peut à peine atteindre 2m,40.

Il résulte de là que si la proportion d'entr'axe indiquée par les circonstances de la voie ne permet pas de donner à la locomotive assez de stabilité, ou ne laisse pas l'espace suffisant pour installer le nombre voulu des roues, il y a nécessité de faire porter une des extrémités de la machine sur un train de roues mobiles, autour d'une cheville ouvrière, ainsi que cela se pratique sur toutes les voitures des routes de terre depuis les plus anciens temps de la carrosserie.

Le système des avant-trains ou des arrière-trains mobiles a existé en Amérique sur les locomotives presque depuis l'origine des chemins de fer. Il est adopté aujourd'hui en France pour les grosses locomotives du système Engerth, dont il sera parlé plus tard (fig. 13).

655. *La charge des roues* de locomotives est limitée entre deux extrêmes : d'une part, elle ne doit pas être trop forte, afin de ne pas détruire la voie ; d'autre part, elle doit être assez grande pour donner à la machine la puissance adhérente voulue et une stabilité suffisante.

*La limite de charge* que la résistance des rails impose aux roues de locomotives doit, on l'a vu au n° 582, ne pas excéder 13 tonnes dans l'état actuel des voies des chemins de fer. On voit par les tableaux G et suivants du chapitre V que cette charge est même rarement atteinte.

*Les roues d'avant* de la machine, qui lui ouvrent, pour ainsi dire, la voie, ont besoin d'être fortement chargées; autrement, elles tendent à passer par dessus les moindres obstacles. Il suffit même des simples secousses du véhicule, tendant à l'enlever d'avant, pour que les roues s'élèvent aussi et montent par dessus les rails, au risque de s'écarter de la voie, c'est-à-dire de dérailler (Voyez la note de M. Nozo à la Société des ingénieurs civils de Paris en 1849).

*Les roues d'arrière* de la machine n'ont besoin que d'une faible charge lorsqu'on n'a pas à utiliser leur adhérence; mais si cette charge descend cependant au-dessous de certaines limites, la machine prend un mouvement latéral de déhanchement,

Ainsi en résumé, trop de charge sur une paire de roues détruit la voie; trop peu de charge sur les roues motrices nuit à la puissance de traction de la locomotive; trop peu de charge sur les roues d'avant l'expose à lever d'avant et à dérailler; trop peu de charge à l'arrière nuit à la stabilité et cause du déhanchement : telle est la quadruple condition qui limite le poids sur les roues.

En général, lorsque les roues extrêmes d'une machine

à 6 roues ne servent pas à sa puissance de traction, on répartit ainsi la charge :

2/6 du poids de la machine sur l'essieu d'avant.
1/6 . . . . . . . . . . . . . . . sur l'essieu d'arrière.
3/6 . . . . . . . . . . . . . . . sur l'essieu moteur.

Sous la condition bien entendue de ne jamais excéder 13 tonnes sur aucun essieu.

Si les roues extrêmes servent à la puissance de traction, étant réunies par des bielles de connexion aux roues motrices, on répartit sur elles et sur ces dernières la charge aussi également que possible, sous la condition toujours de ne pas excéder le maximum de 13 tonnes, et de laisser sur les roues extrêmes non accouplées la charge minima indiquée ci-dessus.

656. M. Clarkes (mémoire traduit au *Technologiste* de 1854) a récemment donné, en Angleterre, les règles suivantes pour la répartition du poids sur les essieux de diverses locomotives, qui ne diffèrent pas beaucoup de celles qui précèdent.

1° Petites locomotives à essieux indépendants, pesant moins de 18 tonnes :

| | |
|---|---|
| Sur l'essieu d'avant, | 3/12 du poids total. |
| Sur l'essieu moteur, | 8/12 *id.* |
| Sur l'essieu d'arrière, | 1/12 *id.* |

2° Grosses machines à essieux indépendants et pesant plus de 18 tonnes :

| | |
|---|---|
| Sur l'essieu d'avant, | un quart du poids total. |
| Sur l'essieu moteur, | 12 tonnes. |
| Sur l'essieu d'arrière, | le reste du poids. |

3° Machines à 3 essieux dont deux seuls ont leurs roues couplées :

Sur l'essieu libre :
Si c'est l'essieu d'avant, 3/12 du poids.
Si c'est l'essieu d'arrière, 1/12 du poids.
Sur les essieux couplés, le reste du poids par moitié.

4° Machines où toutes les roues sont couplées, divisez la charge également sur elles.

657. *Le nombre des roues* portant les locomotives découle de ce qui vient d'être dit sur leur charge (Voy. n°s 582 et 655). Rigoureusement, deux paires de roues suffiraient comme pour les voitures de terre : c'était le système des anciennes locomotives ; le constructeur anglais Bury l'a conservé presque jusqu'aux derniers temps de sa carrière d'ingénieur, même pour des machines de 22 tonnes ; on le suit encore pour les petites locomotives de 12 à 13 tonnes, ainsi qu'on le voit aux tableaux G et suiv. du chapitre V.

Mais les machines à quatre roues joignent au défaut de verser infailliblement, si l'un des essieux ou l'une des roues casse, la plus grande difficulté d'asseoir la machine de façon à ce qu'elle ne soit pas instable.

C'est pourquoi leur emploi se restreint à des services particuliers qui demandent exclusivement ce genre de machines ; et les locomotives sont ordinairement montées sur trois paires de roues.

Soit à cause de leur poids total, soit en raison de la position des essieux, relativement à celle du centre de gravité de la machine, il peut exister de trop fortes charges sur un ou plusieurs de ces essieux, et alors trois ne suffisent plus. Ce qui arrive souvent dans ce cas,

c'est que le nombre voulu des roues ne peut être logé dans l'espace que limite l'écartement obligé des essieux extrêmes (654). Il faut alors écarter ceux-ci au delà des limites en question. Et afin de pouvoir franchir les courbes, il faut que les roues extrêmes puissent se déplacer et suivre les sinuosités de la voie. C'est dans ce but qu'on les établit en avant-train ou en arrière-train mobile autour d'une cheville ouvrière comme il dit au n° 654. C'est une complication, sans doute; mais elle est bien préférable à la surcharge des roues.

658. Le *diamètre des roues* de locomotive intéresse, avant tout, sa puissance de traction, s'il s'agit des *roues motrices*. Il en sera parlé à la section suivante. Mais le diamètre des *roues libres* ou porteuses, qui ne sont pas accouplées aux roues motrices, se règle sur les mêmes principes que pour les roues de wagons (Voir n°s 584 et suiv.). Et comme, outre le poids considérable qui les charge, elles sont dans les chocs exposées à beaucoup de fatigue, il convient de leur donner les plus grands diamètres permis par les moyens de fabrication et les dispositions d'ensemble de la machine.

Le plus petit diamètre des roues de locomotives est rarement descendu au-dessous de 1 mètre. La proportion de 1m.20 pour les roues porteuses et libres de locomotives à grande vitesse est à peine suffisante pour les empêcher de chauffer.

Mais ce qui importe non moins dans ce but que le diamètre des roues est le diamètre et la longueur de la fusée, laquelle n'est autre que le tourillon de l'essieu qui frotte dans la boîte à graisse. Il existe entre cette fusée et le diamètre de la roue une grande corrélation. On a vu au n° 14 que, sous peine d'annuler l'effet des sub-

stances lubrifiantes, la pression qui applique l'une contre l'autre les surfaces frottantes ne devait pas excéder 25 à 30 kilogrammes par centimètre carré.

On se tient pour la pratique des locomotives beaucoup au-dessous de cette règle, qui, nous l'avons vu (585 et 586), s'applique assez bien aux wagons. Prenons, en effet, l'exemple de cinq locomotives connues pour être, à raison de leur service, dans de bonnes conditions de surface frottante. Voici les dimensions comparées et les rapports que nous trouvons :

| DÉSIGNATION DES MACHINES. | Mixte de Gouin. | Marchandises de Polonceau. | Marchandises de Stephenson. | Mixte de Cavé. | Crampton. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1° ROUES MOTRICES. | | | | | |
| Longueur de la fusée. . . . . | cent. 17,0 | 17,00 | 15,2 | 15,2 | 25,00 |
| Diamètre de la fusée. . . . . | cent. 16,5 | 14,00 | 16,00 | 16,00 | 18,00 |
| Circonférence développée. . . | cent. 51,80 | 43,90 | 50,20 | 50,20 | 56,50 |
| dont le tiers chargé est. . | cent. 17,20 | 14,6 | 16,6 | 16,6 | 18,83 |
| Surface frottante. . . . . . . | c q. 292,4 | 248,2 | 252,3 | 252,3 | 471,00 |
| Poids chargeant la fusée. . . | k. 4450 | 4030 | 3150 | 4200 | 4050 |
| Charge par centimètre carré. | k. 15,4 | 16 | 12,5 | 16,6 | 8,6 |
| 2° ROUES D'AVANT. | | | | | |
| Longueur de la fusée. . . . . | cent. 18,00 | 19,00 | 15,4 | 18,00 | 30,00 |
| Diamètre de la fusée. . . . . | cent. 16,5 | 12,00 | 15,8 | 14,5 | 15,00 |
| Circonférence développée. . . | cent. 51,8 | 37,6 | 49,6 | 45,5 | 47,1 |
| dont le tiers chargé est. . . | cent. 17,2 | 12,5 | 16,5 | 15,2 | 15,7 |
| Surface frottante. . . . . . . | c.q. 329 | 237 | 254 | 273 | 471 |
| Poids chargeant la fusée . . . | k. 3600 | 3070 | 2050 | 3650 | 4513 |
| Charge par centimètre carré. | k. 11 | 12,9 | 8 | 11 | 9,5 |

Ces tableaux comparatifs donnent pour charge, par centimètre carré, sur la fusée les moyennes suivantes :

| DÉSIGNATION DES ROUES. | Roue motrice. | Roue d'avant. |
|---|---|---|
| Les trois constructeurs français (dans des locomotives mixtes ou à marchandises) | k. 15,86 | k. 11,63 |
| Stephenson (machine à marchandises) | 12,50 | 8,00 |
| Crampton (machine à grande vitesse) | 8,60 | 9,50 |

659. Cherchons maintenant, comme il a été fait pour les wagons (506), quelle sera l'*expression numérique* résultant du produit de ces charges par la vitesse de la fusée dans son coussinet.

Le tableau comparatif donnera pour les cinq machines ci-dessus les résultats suivants :

| DÉSIGNATION DES MACHINES. | Mixte de Gouin. | Marchandises de Polonceau. | Marchandises de Stephenson. | Mixte de Cavé. | Crampton. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1° ROUES MOTRICES. | | | | | |
| Vitesse supposée par seconde. | m. 12,00 | 8,30 | 8,30 | 12,00 | 22,00 |
| Diamètre des roues. | m. 1,60 | 1,50 | 1,45 | 1,60 | 2,10 |
| Nombre *n* de tours par seconde. | t. 2,24 | 1,76 | 1,78 | 2,24 | 3,04 |
| Circonférence *c* développée de la fusée. | cent. 52,8 | 43,9 | 50,2 | 50,2 | 56,5 |
| Chemin parcouru par seconde $c \times n$ par la fusée. | m. 1,18 | 0,77 | 0,89 | 1,12 | 1,83 |
| Poids par centimètre carré. | k 15,4 | 16,0 | 12,5 | 16,6 | 8,60 |
| Produit numérique du poids par le chemin parcouru. | 17,70 | 12,32 | 11,12 | 18,59 | 15,72 |

| DÉSIGNATION DES MACHINES. | Mixte de Gouin. | Marchandises de Polonceau. | Marchandises de Stephenson. | Mixte de Cavé. | Crampton |
|---|---|---|---|---|---|
| 2° ROUES D'AVANT. | | | | | |
| Vitesse supposée par seconde. | m 12,00 | 8,30 | 8,30 | 12,00 | 22,00 |
| Diamètre des roues. . . . . . | m 1,60 | 1,10 | 1,45 | 2,60 | 1,35 |
| Nombre *n* de tours par seconde. | t. 2,24 | 2,63 | 1,78 | 2,24 | 5,10 |
| Circonférence *c* développée de la fusée. . . . . . . . . | cent 51,80 | 27,60 | 49,60 | 45,50 | 47,10 |
| Chemin parcouru par seconde $c \times n$. . . . . . . . . . . | m. 1,16 | 0,72 | 0,88 | 1,079 | 2,40 |
| Poids par centimètre carré. . | k. 11,00 | 12,9 | 8,00 | 11,00 | 9,50 |
| Produit numérique du poids par le chemin parcouru. . | 12,76 | 9,36 | 7,04 | 11,88 | 22,80 |

On remarque dans ces deux tableaux que :

1° Dans les cinq machines, la prudence a engagé les constructeurs à adopter un rapport plus faible pour la roue extrême dont les avaries pouvaient offrir le plus de danger, c'est-à-dire dans la Crampton les roues d'arrière, et les roues d'avant dans les autres.

2° La moyenne des produits numériques donne :

Pour les roues motrices placées au milieu . . . . . . 15
Pour les roues extrêmes, menacées, en nombre rond. 13

3° Ces moyennes, inférieures à celles des wagons, nous paraissent toutes naturelles, à cause de la grande fatigue que subissent les roues des locomotives.

Ces expressions numériques permettent de calculer, comme pour les wagons et à l'aide des mêmes formules (voyez n° 586), les dimensions des fusées.

660. La *position* que les paires de roues, avec leurs

essieux, occupent dans l'ensemble de la machine, dépend avant tout, du système de celle-ci et de la nature de son service. On peut cependant poser quelques principes généraux :

1° La paire de roues qui fatigue le plus et est exposée particulièrement aux avaries ne doit jamais être en avant par mesure de sécurité. Il y a moins de danger à la placer en arrière; car si son essieu ou l'une des roues casse, l'attelage qui relie la machine au convoi peut la retenir dans sa chute et laisser le temps d'arrêter. La place naturelle de cette paire de roues qui fatigue, est donc entre les roues extrêmes. Les roues qui fatiguent sont ordinairement les roues motrices.

2° Plus on éloigne les essieux extrêmes vers les bouts de la machine, plus on augmente sa base d'assise au grand avantage de la stabilité, et plus on les décharge. Plus on rapproche les essieux extrêmes, plus on met en porte-à-faux les extrémités de la machine, et plus on les charge.

3° Plus on éloigne les essieux extrêmes, plus on charge les roues du milieu, toutes choses restant d'ailleurs égales.

4° A mesure que l'essieu du milieu s'éloigne d'un essieu extrême pour se rapprocher de l'autre, il charge le premier pour décharger le second.

5° Quant à la charge que la position des essieux doit permettre d'atteindre sur les roues, on l'a indiquée au n° 655.

661. D'après ces principes, M. Clarkes (mémoire traduit au *Technologiste français* de 1854) a déterminé ainsi qu'il suit la position des essieux dans les locomotives ordinaires à six roues.

1° Machine ordinaire à essieux indépendants; mettez l'essieu d'arrière en dehors du foyer (1), et l'essieu antérieur le plus avant de la machine qu'il se peut faire à raison des courbes, et placez l'essieu moteur entre deux, à une distance en avant de la boîte à feu, qui variera de $0^m,30$ à $0^m,60$.

2° Machine où l'essieu d'avant est couplé avec l'essieu moteur; placez celui-ci le plus près possible de la boîte à feu.

3° Machine où l'essieu d'arrière est couplé avec l'essieu moteur; placez celui-ci entre $1^m,22$ et $1^m,32$ en avant de la boîte à feu. Plus le corps cylindrique est long, plus vous rapprocherez l'essieu du foyer.

4° Machine à six roues couplées; placez l'essieu moteur entre $1^m,06$ et $1^m,22$, en avant du foyer. Même observation que ci-dessus.

Les indications qui précèdent se rapportent aux machines ordinaires, qui sont suivies d'un tender ne faisant pas, à proprement parler, partie de la locomotive. Quant aux *machines-tender*, dites en anglais tank-engine, la position de leurs roues dépend de principes qui seront développés plus tard, et qui sont tout spéciaux à ces machines.

---

(1) Ce système a toujours été mis en pratique dans les locomotives à trois paires de roues indépendantes. En 1842 Stephenson s'est trouvé dans la nécessité d'allonger considérablement la machine; craignant de trop écarter les essieux extrêmes, et ne voulant pas forcer à remplacer les plaques-tournantes usitées partout, il ramena les trois paires de roues sous le corps cylindrique, entre la boîte à feu et la boîte à fumée. Presque partout on a renoncé à ce système, qui donnait trop de porte-à-faux au foyer, chargeait trop les roues d'arrière et trop peu les roues motrices, contrairement aux principes. On voit encore des machines de ce système sur les lignes de l'Est et d'Orléans.

662. La *construction* des roues a déjà fait, aux nos 581, 588 et suiv., et 596, l'objet de diverses observations. Ce que l'ingénieur réceptionnaire observera particulièrement encore, c'est la constitution du moyeu. S'il est en fer, ses éléments sont-ils bien soudés? S'il est en fonte, les bras y adhèrent-ils d'une manière assurée et n'y existe-t-il pas de trop profondes cavités? Les éléments de la jante sont-ils soudés avec les soins voulus et fabriqués avec une bonne qualité de fer? Les bandages offrent-ils une grande résistance à l'écrasement? Les rais sont-ils équi-distants comme il convient? Avant de couler sur leurs extrémités la fonte des moyeux, a-t-on eu soin de dérouiller ces extrémités et d'y pratiquer des encoches pour s'agrafer dans la fonte? Voilà encore quelques points très-importants à constater.

En France, toutes les roues de locomotives se font en fer, le moyeu seul est en fonte, souvent même celui-ci est aussi en fer; ce qui n'a pour nous que le mérite de la légèreté. Tantôt les moyeux en fer se composent de toutes les têtes de rais soudées ensemble, suivant le système de Cail (Voyez note à la Société d'encouragement en 1852), tantôt les moyeux sont faits d'un seul bloc, à l'étampe sous le *marteau-pilon*, comme il se pratique au Creusot et chez M. Cavé.

Les roues à rais de fer méplat d'une seule pièce sont le seul système admis aujourd'hui en France. Les roues en fonte, pleines ou à rayons, y sont interdites par l'ordonnance de 1846.

A l'étranger, on est plus tolérant, au moins dans le service des marchandises. On peut se rappeler la locomotive d'Haswel à l'exposition de 1855, où les huit roues couplées étaient formées de deux plateaux bombés, en

fonte, coulés d'une seule pièce et entourés ensuite d'un bandage en acier. On a quelquefois supprimé celui-ci et fait la roue entièrement en fonte, sans autre inconvénient qu'une assez grande difficulté de fabrication.

663. *Les essieux de locomotives* ne diffèrent de ceux des wagons (589) que par de plus fortes dimensions et des formes appropriées au système du mécanisme. Ils sont droits, ou coudés en forme de double vilebrequin, suivant que les cylindres sont en dedans ou en dehors des roues (642).

Il est assurément inutile d'insister sur la qualité tout à fait supérieure que doivent avoir les essieux de machines, surtout lorsqu'il s'agit des essieux coudés. Ceux-ci ont tour à tour été l'objet d'une grande faveur et d'une défaveur non moins grande. C'est que la fabrication, excellente à certaines époques, est devenue ensuite tellement mauvaise, qu'ils ont à peine effectué 10000 kilomètres de parcours, au lieu de 200000 kilom. au moins que devrait fournir un bon essieu coudé. Il est vrai que ces pièces, tourmentées à la forge, sont assez difficiles à bien réussir, tandis que les essieux droits sont à la portée de toutes les fabriques. Il faut donc faire des vœux pour que le travail des essieux coudés soit sérieusement étudié des métallurgistes.

Quant à la *pression* de calage, avec laquelle il convient d'emmancher la roue sur l'essieu, elle varie de 30000 à 70000 kilogrammes en raison du diamètre des roues et de la fatigue qu'elles doivent éprouver. D'après le *Guide du mécanicien constructeur* (570), cette pression est :

| | |
|---|---|
| Pour les roues motrices, de. . . . . . . . . . . . . . | 70000 kilog. |
| Pour les roues porteuses de locomotive et tender, de. | 35000 |
| Pour le boulon de manivelle des roues motrices, de. . | 15000 |

On comprend que pour supporter pareille pression de calage, le moyeu de la roue emmanchée doit être très-épais et le métal résistant. Pour ne pas exagérer la dimension des moyeux, on ne doit pas dépasser les pressions de calage qui précèdent, sous peine de les faire éclater.

Cependant ces pressions, tout énormes qu'elles sont, ne suffisent pas toujours pour incorporer comme il convient les roues à l'essieu. On ajoute donc au calage naturel celui d'une ou deux clavettes d'acier qui empêchent la roue de s'affoler sur son axe.

Quand les roues et essieux sont bien établis et en bon fer, elles peuvent fournir un parcours de 50 000 kilom. au moins avant d'être hors de service, sans autre réparation que le rafraîchissement des cercles sur le tour.

Le mémoire de M. Nozo sur l'entretien des roues a déjà été cité au n° 596. Il suffit encore d'y renvoyer.

### § V. — Tender et caisses d'approvisionnement de la machine.

664. L'approvisionnement de la machine se compose de l'eau, du combustible, de l'outillage, des matières à graisser, refaire les joints et à réparer les avaries en route. Ces divers objets se logent respectivement dans des caisses ou compartiments qui accompagnent toujours la machine.

On a vu (612) qu'il y a dans ce but deux systèmes : suivant le premier, l'approvisionnement se place sur un chariot, distinct de la locomotive, qu'on relie avec elle par un attelage et des tuyaux de communication. Ce chariot porte en France le nom de *tender* ou *allége.*

Dans l'autre système, il n'y a pas de tender distinct de

la machine ; celle-ci porte elle-même son approvisionnement et prend le nom de *machine-tender.*

Quel que soit le système suivi, ce qui regarde leurs caisses est soumis aux mêmes règles pour l'installation. Nous allons parler de la caisse à eau, de la loge pour le combustible qu'on nomme *soute* dans la marine et les manufactures, des caisses à outils et à matériaux d'entretien ; nous examinerons ensuite séparément le cas du *tender* séparé et de la *machine-tender.*

665. La *caisse à eau* est une bâche fermée et étanche, qu'on a jusqu'ici fabriquée en tôle de seconde qualité, épaisse de 3 à 5 millimètres, rivée à froid et renforcée par des cornières et des armatures pour prévenir la déformation et le gondolement des parties planes. Les trépidations qu'elle éprouve en route et celles résultant de l'injection de vapeur que le mécanicien y fait dans certains cas, la fatiguent beaucoup aux rivures ; sa construction a donc besoin d'être soignée à l'égal de celle des chaudières.

La dimension de la caisse à eau dépend de la consommation de la machine entre les stations où on peut renouveler l'approvisionnement. Il importe de la compter largement. Si l'on résume ce qui se pratique sur les diverses lignes, on voit qu'on estime la dépense d'eau à emporter aux moyennes suivantes par kilomètre :

| | |
|---|---|
| Machines ordinaires à voyageurs. . . . . . . . . | 110 à 140 litres. |
| Grosses machines mixtes ou à marchandises. . | 200 à 220 litres. |

Ce qui conduit à des caisses à eau de 6000 litres, remplies à tous les 40 kilomètres pour le premier cas, et à tous les 25 à 30 kilomètres pour le second cas.

665 *bis.* Les *accessoires de la caisse à eau* demandent

toute l'attention du mécanicien conducteur et de l'ingénieur réceptionnaire. En voici l'énumération :

1° Les *obturateurs d'eau* ouvrant et fermant la communication avec la machine, ont ordinairement la forme de clapets à soulèvement : leur manœuvre se conçoit à première vue ; mais il importe que le mécanicien étudie le degré d'ouverture qu'il donne à l'eau en tournant leur manivelle.

2° Les *robinets-jauges* étagés au nombre de trois ou quatre sur le flanc de le caisse pour y indiquer la hauteur du niveau d'eau : les deux supérieurs sont de petite section ; celui du bas est au contraire d'assez gros diamètre, afin qu'en cas d'incendie entre deux stations, il soit possible d'y porter secours avec l'eau du tender, à défaut d'autre moyen de parer au sinistre. Les robinets jauges doivent être placés du même côté que l'appareil hydraulique installé dans la station pour remplir le tender, afin qu'à la simple ouverture du robinet supérieur les hommes de service puissent juger de l'emplissage de la caisse par le jet d'eau qui s'écoule, tout en s'occupant de donner à la machine les soins voulus et toujours multipliés à ces stations, tels que piquage du feu, balayage et charge du foyer, graissage, visite et réparation de la machine.

3° L'*entonnoir* qui reçoit l'eau tombant de l'appareil hydraulique installé sur la voie pour remplir la caisse est suffisamment défini par son but, quant à sa forme et sa place. Il doit être assez grand pour donner en trois ou quatre minutes passage à tout le volume d'eau demandé. Il est garni d'un panier d'osier ou de toile métallique destiné à retenir les corps étrangers que l'eau pourrait amener avec elle. Ce panier étant enlevé, l'entonnoir

doit présenter un orifice suffisant pour constituer un *trou-d'homme* (230) quand il faut entrer dans l'intérieur de la caisse.

4° Les *bouchons de lavage* analogues à ceux des chaudières (229), s'adaptent aussi à la caisse à eau pour la vider et la nettoyer en cas de besoin.

666. La *soute*, ou emplacement réservé au combustible, doit être avant tout sous la main du chauffeur, le plus près possible de la porte du foyer de la machine. Il importe en second lieu que la poussière qui s'en échappe gêne le moins possible le mécanicien.

La dimension de cet emplacement est réglée comme la caisse à eau par les besoins de la machine et la distance des stations où peut être renouvelée la provision.

Il importe de faire observer que la chute du combustible sur le fond et les parois de la soute, les trépidations du véhicule, le passage si souvent répété de la pelle du chauffeur lorsqu'il y puise pour charger le feu, fatiguent et usent rapidement les tôles avec lesquelles on la fabrique. Ces tôles, lorsqu'elles ne servent qu'à loger le combustible, peuvent assurément être de qualité très-secondaire, mais il faut au moins les faire suffisamment épaisses si on ne veut pas les renouveler souvent. On peut aussi, dans le même but, doubler intérieurement ces tôles avec des voliges ou douves en bois faciles à remplacer.

667. Les *caisses d'outillage* sont au nombre de quatre.

L'une contient les outils dont le mécanicien peut avoir besoin pendant la marche, tels que les clefs et massettes de serrage, les marteaux, limes et burins d'ajusteur. Cette première caisse doit, de toute nécessité, être sous la main du mécanicien. Il faut qu'elle soit étanche, c'est-

à-dire que la pluie n'y pénètre pas, car elle gâterait les outils.

La deuxième caisse contient les gros outils de service courant dont on peut avoir à tout moment besoin en marche, mais que leur volume et leur malpropreté ne permettent pas de placer avec les précédents; ce sont les pique-feu et ringards, les fourches, crochets et hachettes à casser le combustible, les balais, la pelle à charger le feu, la pince ou gros levier de fer à pousser les roues s'il faut les aider à démarrer; ces outils ne doivent pas rester en évidence sur la machine; une triste expérience a en outre appris qu'ils pouvaient être dérobés dans les dépôts s'ils n'étaient pas enfermés; la nécessité de les laisser à la portée du mécanicien même pendant la marche, rend le choix de leur place difficile sur bien des machines.

La troisième caisse contient les matières à refaire les joints, à graisser, à nettoyer et à réparer les avaries. Elle est intérieurement divisée en compartiments, et comme il importe qu'elle soit aussi sous la main du mécanicien, elle se place ordinairement en pendant de la caisse aux petits outils, ayant d'ailleurs comme elle besoin d'être étanche et préservée de la pluie.

La quatrième caisse est destinée aux gros outils, aux agrès et pièces de rechange dont on ne se sert qu'après avoir arrêté la machine, dans des cas très-rares et pour remédier à des accidents; les principaux objets de cette caisse sont les crics, une chaîne d'attelage, une corde dite prolonge ou grelin, des pinces, des traverses pour les voitures déraillées, etc. Cette caisse n'a pas absolument besoin d'être sur la machine ou le tender; elle peut être sur un des wagons. Cependant comme la machine

peut quelquefois voyager seule, l'absence des outils et agrès en question pourrait lui faire défaut. En tous cas il est inutile de chercher à les mettre sous la main du mécanicien puisqu'il ne s'en sert pas en marche.

Une cinquième caisse est réclamée vivement par les mécaniciens pour loger leurs papiers, tels que feuille de route, carnets de comptabilité, etc., ainsi que les vêtements dont ils sont obligés de se servir durant la marche. Le but de cette caisse indique assez qu'elle doit être propre et étanche.

668. Quelques *observations générales* doivent être ajoutées sur les caisses.

1° Elles doivent toutes fermer à clef ou à cadenas, pour qu'en l'absence du mécanicien rien n'en puisse être soustrait.

2° L'attache des caisses sur la machine ou sur le tender doit être très-solide et proportionnée aux poids desdites caisses. En effet ce n'est pas seulement aux trépidations et secousses ordinaires éprouvées dans la marche qu'elles doivent résister; sans même supposer ces accidents qui constituent des sinistres, il peut arriver des secousses violentes et des chocs dans les gares, et si les caisses, animées d'une grande force vive à cause de leurs poids, ne sont pas fortement attachées, elles peuvent tomber sur la voie, devenir la cause de graves accidents pour les autres trains venant ensuite, et, dans leur projection en avant, atteindre et tuer le mécanicien.

3° Les caisses doivent être munies de poignées ou de crochets pour être enlevées au besoin, si l'on veut procéder à des réparations ou même les transporter sur d'autres machines. Les attaches ne doivent donc pas les fixer à demeure; il faut qu'on puisse les démonter en dé-

faisant quelques boulons ou clavettes : il faut encore que, sur toutes les machines où l'on se propose de transporter les caisses, les appareils d'attache soient installés exactement sur le même plan.

4° Dans un véhicule de chemin de fer, où il importe de tout alléger autant que possible : les caisses, quoique susceptibles de se démonter, doivent cependant entrer dans l'appareil en contribuant à sa consolidation générale.

669. Suivant que les caisses d'approvisionnement sont installées sur la locomotive ou sur un véhicule spécial constituant le tender, il y a quelques principes particuliers à suivre.

*Dans le système des machines-tender* (tank-engines), les caisses installées sur la machine la compliquent et l'alourdissent. Ce dernier résultat est souvent juste le but qu'on veut atteindre. Mais ce qui rend ce système en certains cas peu réalisable, du moins pour les caisses à eau et à combustible, est que ce chargement est essentiellement variable. Les caisses, pleines au départ, se vident peu à peu en route et font varier ainsi la charge portant sur les roues (655).

Cela est peut être un avantage en certains cas. Soit, par exemple, à gravir une rampe au bout de laquelle le tracé de la voie est en plaine ou descend : il sera tout naturel, en remplissant les caisses au pied de la rampe, d'augmenter par leur poids l'adhérence sur les roues et de soulager ensuite celles-ci en diminuant le contenu des caisses.

Mais ce qui est très-vicieux, c'est que celles-ci peuvent faire varier, selon qu'elles sont pleines ou vides, la *répartition* du poids sur les roues, c'est-à-dire le rapport de la

charge qu'elles portent. Les locomotives d'Engerth-Kœsler et Gunther, qui ont figuré à l'exposition de 1855, ainsi que plusieurs des petites tank-engines de M. Flachat, sur la ligne de Saint-Germain, ont leurs caisses, de section partout égale, établies sur les côtés de la machine dans tout son prolongement; il est évident que par ce système l'eau augmente ou diminue la charge de chaque roue avec le poids total de l'appareil, mais cette charge est toujours variée dans le même rapport. C'est le type qui nous paraît devoir être suivi dans toute machine-tender (fig. 11, 13, 14).

*Des soutes à combustible* nous dirons ce qui vient d'être dit des caisses à eau : quoiqu'en général leur poids ne soit pas de nature à troubler la répartition de la charge sur les roues d'une manière très-sensible, on ne devra cependant pas perdre de vue les observations qui précèdent.

Il importe également, si l'on place ces soutes en avant de la machine, qu'elles soient couvertes, pour que le mécanicien ne soit pas aveuglé par le poussier qui s'échappe du combustible. On sait que ce poussier est redouté avec raison des mécaniciens.

Lorsqu'on peut placer les soutes en arrière du mécanicien elles n'ont besoin d'être couvertes que si la locomotive est appelée par son service à marcher aussi habituellement en arrière qu'en avant.

670. *Le tender proprement dit* est un chariot attelé à la suite de la locomotive et portant toutes les caisses d'approvisionnement. Celles-ci portent sur un châssis et sur des roues analogues aux châssis et aux roues de wagons (578 et 580), sauf qu'ils sont plus forts.

*Le châssis* est fait en fer ou en bois; il faut que sa rigi-

dité et sa solidité soient à toute épreuve, ainsi que son attelage et ses ressorts de chocs, car il subit l'effort de traction et les refoulements du train, lesquels évalués à 3000 kilog. au moins dans les circonstances ordinaires, peuvent être plus que triplés dans les secousses accidentelles et sur les rampes.

Les roues et les essieux de tender se rapprochent plus de ceux des locomotives que de ceux des wagons, étant appelés à supporter des charges de 8 à 10 tonnes par essieu. (Voyez nos 653 et suivants.)

La disposition des caisses d'approvisionnement sur le tender n'est soumis à aucune règle fixe ; ce qu'il importe c'est de répartir aussi également que possible la charge sur les roues, comme dans tout véhicule de chemin de fer. Très-souvent dans les tenders à quatre roues, les roues d'avant sont à peine chargées et celles d'arrière supportent au delà des limites assignées pour la conservation des rails (582), et cela parce que tout le poids du combustible et de l'eau est reculé au fond du tender ; c'est une pratique dont le constructeur comme le mécanicien doivent se garder, et qui n'est pas sans danger.

En général on dispose la caisse à eau sous une forme prismatique de section égale, soit au fond du véhicule, en réservant la partie supérieure pour le combustible, soit en amphithéâtre dans toute la hauteur du véhicule, le milieu étant occupé par le combustible (voyez fig. 7).

Les caisses à outils de service et à provision s'attachent soit sur la machine, soit sur la caisse à eau du tender (fig. 6) ; mais c'est derrière celui-ci qu'on installe le coffre aux agrès (fig. 6), lorsqu'on ne préfère pas le mettre dans le wagon du chef de train, lequel est si souvent vide qu'on le charge avec des blocs de fonte.

Non-seulement on peut placer la caisse des agrès sur le wagon de tête, mais on y a mis la caisse à eau, supprimant ainsi le tender proprement dit, comme dans le système des tank-engines, en ajoutant toutefois une petite caisse à eau supplémentaire sur la machine, pour les cas où celle-ci se sépare de son wagon, en retournant par exemple aux ateliers. On pratique ainsi sur diverses lignes, et notamment sur celle de Paris au Havre, pour les trains express.

671. Quand la locomotive est ainsi attelée à un tender proprement dit ou à un *wagon-tender*, il faut, pour la communication d'eau, installer des conduits de raccordement articulés, qui laissent passer, sans fuites, l'eau aspirée par la pompe alimentaire, en se prêtant à tous les mouvements de la machine, à ses oscillations, tiraillements, secousses, refoulements et cahots. Il existe quatre sortes d'appareils remplissant ce but :

1° Les tuyaux de toile imperméable : ils sont excellents au début, mais ils n'ont pas de durée.

2° Les tuyaux en caoutchouc vulcanisés entourés et maintenus par une spirale : leur emploi réussit chaque fois qu'on peut se procurer de bons caoutchoucs.

3° Les tuyaux, contournés en serpentin : ils ont été essayés déjà anciennement par M. Polonceau (Voyez Bulletin des ingénieurs civils de Paris, 4e année, p. 293). M. Buddicum les a nouvellement admis pour raccorder la machine avec le *fourgon-tender* des trains express de la ligne du Havre.

4° Le raccordement à rotule est un appareil solide et ingénieux, mais coûteux et délicat. Il comprend : 1° deux rotules sphériques roulant dans une sphère creuse en deux parties raccordées à bride ; elle donne une articu-

lation complète en tout sens; 2° une douille entrant et sortant librement d'un manchon muni d'un presse-étoupe pour rendre le joint étanche. Cette seconde partie de l'appareil est une sorte de plongeur qui lui permet de se rallonger ou de se raccourcir, selon l'éloignement que prennent le tender et la machine.

Il importe que le mécanicien, chargé de la direction de la locomotive, étudie dans tous ses détails le jeu et le mécanisme du raccordement, quel qu'il soit; et qu'il en prévienne les fuites, en refaisant les garnitures et en rodant les rotules dans leur cavité sphérique.

672. *Le tender s'attelle* à la locomotive par une *barre d'attelage* et *deux chaînes de sûreté;* la barre d'attelage est une bielle rigide posée à plat, et capable seulement de se prêter aux mouvements latéraux; il importe que les *chevilles-ouvrières* qui traversent les chappes percées aux deux extrémités n'aient que le jeu nécessaire, sans claquer; car elles se détruiraient rapidement.

Le mécanicien doit visiter souvent l'attelage, car sa rupture peut amener la séparation des deux véhicules, et le mécanicien, tombant entre eux, y est presque certainement tué. C'est pour cela qu'outre la barre d'attelage, il existe, comme pour les wagons, deux chaînes dites de sûreté, qu'il faut tenir presque entièrement tendues.

Enfin, pour maintenir l'écartement des deux appareils, le tender porte à l'avant *deux petits tampons à ressort* qu'on peut tendre à volonté pour forcer ces tampons à porter sur la traverse d'arrière de la locomotive.

L'attelage des locomotives avec les tenders reste encore une des plus vicieuses installations des chemins de fer. Non-seulement elle peut rompre et séparer les deux véhicules, non-seulement il est difficile de s'assurer que

tout l'attelage est en bon état et bien effectué, mais il ne prévient en rien la tendance du tender à monter sur la locomotive dans les collisions, ce qui amène presque toujours la mort du mécanicien. Les *machines-tender* où les caisses sont attachées invariablement sur les longerons prolongés de la machine sont, à ce point de vue, beaucoup plus sûres pour le chauffeur et le mécanicien.

673. La place que le mécanicien occupe à la portée des caisses d'approvisionnement et du foyer, consiste en une *plate-forme* qui, dans les machines munies de tender, est prise mi-partie sur les deux appareils. Dans les machines-tender elle est ménagée tout entière près du foyer, entre les caisses d'approvisionnement. Destinée à recevoir au moins deux hommes, plus un inspecteur ou un ingénieur appelés fréquemment à monter sur la machine, le moins qu'on puisse lui donner est un mètre carré; encore est-on bien gêné pour les manœuvres.

Entre la locomotive et le tender attelés ensemble, il existe un vide qui, pour la sûreté des personnes présentes sur la plate-forme, doit être entièrement recouvert par un tablier de tôle, à charnière, qui fait partie du tender et se rabat sur la plate-forme de la machine; il est néanmoins recommandé à ces personnes de ne pas se tenir sur ce tablier, mais seulement ou bien sur la locomotive ou bien sur le tender; autrement, en cas de séparation des deux véhicules, on tomberait infailliblement entre deux et on serait tué.

La plate-forme, lorsqu'elle n'est pas entourée par les caisses d'approvisionnement, doit être bordée tout autour par un garde-corps à panneaux *pleins* pour protéger le mécanicien, autant que possible, contre le froid toujours si vif en route.

L'excès de hauteur du garde-corps n'a que l'inconvénient d'alourdir les formes de l'appareil. Pourvu qu'il laisse au mécanicien la liberté de voir ce qui passe sur la voie et dans le mécanisme, il ne saurait être trop haut et trop bien fermé pour garantir les personnes présentes sur la machine. Nous connaissions un mécanicien, homme de haute taille, il est vrai, qui s'est tué en passant par-dessus le garde-corps, trop bas de sa machine, pour s'être élancé trop brusquement vers une manette, éloignée de sa portée, qu'il voulait saisir. La hauteur de 0,90 est la moindre qu'on puisse donner.

### § VI. — Frein.

674. On a expliqué au n° 35 le *principe* du frein. Celui qu'on emploie généralement sur les chemins de fer consiste en sabots de bois qui s'appliquent sur la circonférence des roues par l'entremise des leviers, coins, vis ou crémaillères, manœuvrés à bras d'homme ou par un autre moteur quelconque. La rotation des roues se trouve alors suspendue et le roulement du véhicule est converti en glissement.

Or on a vu que la résistance au roulement des wagons sur les rails était égale au moins au centième du poids du wagon, tandis que la résistance au glissement du fer sur fer est égale seulement au dixième.

D'où il suit qu'un train de 140 tonnes, n'offrant ordinairement que 1400 kilogrammes de résistance à la traction, dès qu'il est enrayé, offre une résistance à la traction de 14000 kilog.

Nous avons dit combien il devrait entrer de freins dans un train (605). Outre ceux des wagons, la machine, ou

le tender qui l'accompagne, en possède toujours un qui est le principal et qui suffit pour les arrêts ordinaires.

675. Il existe une *très-grande variété de freins;* il n'y a pas une compagnie qui n'en possède une multitude de systèmes; tous les recueils scientifiques et le catalogue des brevets d'invention en sont remplis. Leurs conditions fondamentales sont :

1° D'arrêter le train sans secousse;

2° De l'arrêter sur un faible parcours et en très-peu de temps;

3° D'être d'un maniement facile et d'un secours assuré.

D'après cela, il faut rejeter ces freins qui arrêtent par secousses brusques, qui sont d'un jeu compliqué, qui se composent d'une multitude de pièces délicates, ou offrant beaucoup de frottement, et ces *freins automoteurs* sur lesquels le mécanicien compte et qui peuvent, à son insu, manquer leur but, juste au moment désiré.

Dès qu'ils ont enrayé les roues et converti leur roulement en glissement, leur rôle est fini; tout consiste à faire jouer ce rôle à un nombre de roues suffisant.

Des inventeurs présentent tous les jours des freins, selon eux, capables d'arrêter instantanément les machines en cas d'accidents. Leur but fût-il atteint, qu'y gagnerait-on sur les chemins de fer? La machine serait, pour ainsi dire, clouée sur place, soit; mais la force vive et le travail accumulé par l'inertie (32) dans les voyageurs n'étant pas absorbés, ceux-ci s'entrechoqueraient avec une horrible violence, et les véhicules, poussés eux-mêmes par leur inertie, ne s'en accumuleraient pas moins les uns sur les autres (Voyez la note publiée sur ce point dans *l'Invention*, journal de M. Gardissal, numéro d'avril 1854).

676. *La manœuvre du frein* est enseignée aux employés suivant le système adopté. En général quel que soit son mécanisme, il est pourvu d'un grand levier sur lequel on pèse à bras (fig. 6), ou d'une manivelle qu'on tourne (fig. 11 et 13). Par un mouvement contraire au premier, on desserre le frein. Dans le frein-Bricogne, où la pression s'opère sous l'action d'un poids qui tombe, il suffit de déclancher un petit rochet, le poids tombe; avec une manivelle comme ci-dessus on continue à le faire appuyer, puis on le relève (Voyez ce frein au chemin de fer du Nord). Dans le frein à vapeur de M. Flachat il suffit d'ouvrir un petit levier ou robinet spécial, la vapeur de la chaudière vient presser le piston qui commande le frein; par un autre mouvement du même tiroir on donne issue à la vapeur, et le frein se relève.

Les freins à pression directe sur la voie (système Laignel, *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1847) n'ont été jusqu'ici employés sur les chemins de fer que dans des cas exceptionnels. Ils se manœuvrent de même avec un levier ou une manivelle.

Toutes ces dispositions ne peuvent être étudiées que sur place. Un quart d'heure de manœuvres sous l'œil de l'employé qui les pratique ordinairement instruira mieux que toutes les descriptions écrites.

On verra à l'article de la conduite des locomotives, quand on doit faire agir le frein et avec quelles précautions. Disons seulement ici que le mécanicien seul donne aux autres employés du train le signal de les serrer ou desserrer, et que c'est en général s'exposer à un grand danger que de les faire jouer sans sa demande.

§ VII. — **Conditions générales des locomotives et du matériel roulant des chemins de fer.**

677. Terminons cet exposé des diverses parties de la locomotive en posant quelques règles sur l'ensemble de leurs dispositions, règles qui regardent également le matériel roulant en général.

Les chemins de fer étant créés suivant un type et des conditions uniformes de voie et d'exploitation qui ne sont plus à discuter, les locomotives, tenders et wagons doivent se prêter à ces conditions; car les *véhicules sont faits pour la voie existante*, et l'heure n'est plus de faire la voie pour les véhicules. Les modifications, les perfectionnements eux-mêmes, qui auraient pour effet de changer l'état de la voie ou de renverser le système de l'exploitation, ne peuvent donc être admis qu'avec une très-grande réserve.

La hauteur et la largeur des machines et wagons ne peuvent excéder les limites indiquées par l'ingénieur de la voie; l'écartement des essieux extrêmes doit leur permettre de passer en vitesse dans les courbes, et de tourner librement aussi sur les plaques-tournantes. La force des locomotives doit être proportionnée à l'inclinaison des rampes (voyez n° 609).

678. Il faut *éviter de multiplier les types* dans un matériel de chemin de fer pour quatre raisons :

1° Les constructeurs exigent généralement un moindre prix quand ils peuvent, sans changer leurs modèles, exécuter un grand nombre de pièces sur les mêmes plans.

2° Tout est très-simplifié pour les employés du chemin de fer, qui passent d'un appareil à l'autre sans étude nouvelle et sans craindre de méprise.

3° Le système d'approvisionnement, la comptabilité des magasins, les réparations, sont également très-simplifiés. Ainsi, par exemple, une locomotive en réparation dans un dépôt sur la ligne, loin des magasins, a besoin d'un piston de rechange d'une certaine série : une de ces méprises auxquelles n'échappera pas la meilleure administration, fait qu'on envoie un piston à peu près semblable appartenant à une autre série; il faut en redemander un autre; la réparation de la machine subit des retards, et la comptabilité qui se tient pour l'entrée et la sortie des magasins d'approvisionnement a besoin d'être reprise et modifiée. Plus les types différeront, plus ces méprises auront chance de se reproduire, et il faut avoir été du métier pour comprendre ce qu'elles font perdre d'un temps précieux.

4° On est forcé d'augmenter d'autant plus le matériel que les types diffèrent eux-mêmes. Ainsi, par exemple, une station a besoin d'expédier certaine marchandise; s'il lui est assigné des wagons spéciaux dont elle manque, l'expédition est impossible; ce qui n'arriverait pas si l'entreprise n'avait qu'un petit nombre de types de wagons pouvant tous s'appliquer indifféremment à tous les transports (1).

Sans doute il est impossible que les lignes n'aient

(1) Lorsqu'on a voulu transporter le matériel de guerre pour l'expédition de Crimée, il s'est trouvé que la plupart des wagons de transport ont été reconnus impropres à ce but, l'un des plus importants qu'on se soit proposé dans la création des chemins de fer. Nous savons qu'à l'étranger les ingénieurs, frappés de ce qui vient de se passer en France, se sont mis à étudier les conditions du transport du matériel de guerre, afin de lui approprier en cas de besoin la presque totalité du matériel des chemins de fer. Nous nous empressons de dénoncer ce fait à nos ingénieurs français, afin que le pays ne soit pris au dépourvu à un jour donné.

qu'un seul type de locomotives, tender, wagons, roues, plaques-tournantes, etc.; nous disons seulement qu'il faut s'efforcer de restreindre le nombre de ces types.

Quant aux pièces de détail, principalement les petites, il ne doit, autant que possible, en exister qu'une ou deux séries; exemple : les roues, les ressorts, les boîtes à graisse, les coussinets, les bouchons et autoclaves de chaudière, les écrous et boulons.

679. Assis sur une voie large seulement de 1m.50 et plus ou moins cahoteuse, la machine et les wagons doivent avoir leur *centre de gravité aussi abaissé que possible* près du sol, afin d'assurer leur stabilité ou, pour parler plus exactement, leur *équilibre stable.* Dans les locomotives existantes, l'élévation du centre de gravité varie entre 1,25 et 1,45.

Mais, en même temps, le mécanisme doit être élevé au-dessus des rails de 0m,30 au minimum pour ne pas labourer, en marche, le ballast qu'on est obligé d'amasser entre les voies, pour les relever par le bourrage des traverses.

Voyez les considérations sur le centre de gravité des locomotives, *Guide du mécanicien*, p. 336 et suivantes, édition de 1851.

680. Le matériel roulant des chemins de fer doit être aussi léger que possible, afin de restreindre au minimum le *poids-mort* ou improductif des trains, faciliter les manœuvres et ne pas fatiguer la voie. Mais il va sans dire que cette légèreté ne peut être acquise au détriment de la solidité des véhicules et de la puissance des machines. Il faut réduire le mécanisme aux organes strictement nécessaires, employer les matériaux suivant les formes qui offrent le plus de résistance sous un poids

donné, choisir avec soin leur qualité et les bien travailler (647).

Quant aux organes du mécanisme, la violence des secousses que subit accidentellement le matériel des chemins de fer exige qu'ils joignent à la solidité une solidarité mutuelle capable de conserver la symétrie du montage en toute circonstance, en se prêtant, dans une certaine mesure, aux secousses, grâce au jeu qu'on a dû ménager dans ce but.

681. *Le froid* auquel la locomotive est exposée, même en été, par la rapidité de la marche, exige que la chaudière, les conduits de vapeur et les cylindres soient protégés et entourés d'enveloppes composées de corps mauvais conducteurs du calorique (91) ; autrement, il y a de grandes condensations de vapeur. M. Polonceau a même été jusqu'à employer dans les locomotives les cylindres à double enveloppe.

682. *La faculté de pouvoir démonter et visiter* les organes sans toucher au reste de la machine, est une condition particulièrement exigée dans le matériel des chemins de fer. Les pièces qui doivent faire à cet égard l'objet d'un soin particulier sont les suivantes :

1° Les ressorts, coins, écrous et vis de serrage : particulièrement ceux des bielles ; les écrous de serrage des ressorts de suspension doivent être maniables à l'aide des clefs, sans qu'il soit besoin de déplacer les roues ni les tambours qui les couvrent, ni aucune autre pièce.

2° Les pistons à vapeur : il doit suffire de démonter l'un des couvercles du cylindre et un des plateaux du piston, sans qu'il soit nécessaire de retirer du cylindre le piston lui-même, non plus que la traverse des châssis (651).

3° Les clapets ou boulets des pompes alimentaires : Les conduits doivent être visibles et susceptibles d'être atteints dans toute leur étendue, afin qu'on puisse, en hiver, les couvrir d'enveloppes protectrices contre la gelée (91).

4° La prise de vapeur : l'ouverture d'un simple couvercle au coffre ou au dôme qui la contient, doit suffire pour l'atteindre.

5° Le frein : il faut pouvoir en peu de temps remplacer les sabots usés et graisser les tourillons du levier, les dents d'engrenage, etc.

6° Les boîtes à graisse et fusées d'essieux : on a vu au n° 399 que cette visite était pénible et dangereuse, parce qu'il fallait soulever le véhicule, et qu'il serait à désirer qu'on pût, sans recourir à ce procédé, chasser la roue de côté, comme il est indiqué au tender de la figure 6.

7° Les bielles : il doit être facile de les enlever et de visiter les tourillons sur lesquels elles s'attachent.

**683.** La locomotive est de toutes les machines à vapeur celle qui exige le plus de *perfection dans la fabrication* ; les secousses qu'elle éprouve en route, la nécessité où l'on est de réduire ses pièces aux plus faibles dimensions possibles, la célérité des mouvements qui rendent si rapides l'usure, le grippement et la destruction des pièces, le danger des accidents en route, toutes ces causes exigent que les moindres détails soient traités avec les plus grands soins. Que les assemblages soient donc exactement agrafés, et que les efforts tendant à désorganiser l'appareil ne portent pas seulement sur les boulons d'attache ; que toutes les pièces susceptibles de se dilater aient un jeu libre suffisant ; que les lignes d'axe des différentes pièces se correspondent avec l'exactitude absolue des plans.

Bien que les moindres pièces soient dignes de tous les soins du constructeur et du mécanicien, il faut cependant appeler une attention spéciale sur celles qui suivent :

1° Les pistons dans tous leurs détails;

2° L'attache des bielles motrices sur les manivelles et la tige du piston;

3° Le parallélisme des longerons et des cylindres avec l'axe de la machine;

4° Le parallélisme des essieux entre eux et la perpendicularité à l'axe de la machine;

5° La régularité de la distribution de la vapeur aux cylindres ainsi qu'il est expliqué au n°s 255 et suiv.;

6° L'égale résistance à la flexion des ressorts de suspension;

7° Le diamètre et l'écartement des roues, leur calage et la solidité des cercles;

8° Le jeu qu'il convient de laisser entre les organes frottants;

9° Les pompes alimentaires et les indicateurs de niveau d'eau dans toutes leurs parties;

10° La solidité de la chaudière dans toutes ses parties; la qualité des tôles, la rivure et le montage des éléments principaux.

684. Enfin, tous les *organes propres à la conduite* doivent être réunis *sous la main* du mécanicien, afin qu'il puisse les manœuvrer sans quitter sa place; savoir : le régulateur, le levier de tiroirs, les robinets d'essai des pompes, la porte du foyer, le régulateur du tirage et le frein.

Sans quitter sa place aussi, il faut qu'il puisse aisément inspecter le mécanisme en marche, particulièrement les bielles motrices et d'accouplement, les excen-

triques, la coulisse, la tige du tiroir ainsi que les pompes alimentaires. Cette condition est généralement moins bien remplie dans nos locomotives françaises que dans les machines anglaises.

### SECTION QUATRIÈME.

#### PUISSANCE MOTRICE DES LOCOMOTIVES.

685. La locomotive qui remorque un train a deux sortes d'actions à développer : 1° les roues adhèrent aux rails en y prenant, par leur propre charge, ce point d'appui qu'on obtenait à l'origine en garnissant les roues de dents engrenant dans une crémaillère fixée le long de la voie (568) ; 2° les roues, adhérant à la voie, sont entraînées par l'action de la vapeur dans un mouvement de rotation qui force la machine à se déplacer en se faisant suivre du train. Ces deux actions se nomment, l'une, *puissance adhérente*; l'autre, *puissance de traction* ou motrice proprement dite.

#### § I. — Puissance adhérente des locomotives.

686. Le principe de cette adhérence réside dans la loi du frottement. On a vu (11 et suiv.) que la résistance due au frottement augmente avec la pression qui applique l'un contre l'autre les corps frottants, et la plus simple pratique nous apprend que lorsque cette pression atteint certaine limite, les corps frottants ne glissent plus, et ils s'entraînent l'un l'autre dans leur mouvement. Il existe en industrie de nombreux exemples de ce phénomène; c'est ainsi qu'une courroie suffisamment tendue entraîne une poulie dans les *transmissions de*

*mouvement* d'usines et qu'un sabot fortement appuyé contre les roues d'un véhicule arrête son roulement.

L'adhérence des roues de locomotives sur les rails est un phénomène analogue. Aussi, dès qu'une circonstance accidentelle diminue cette adhérence, par exemple lorsque les rails sont glissants et pour ainsi dire lubrifiés (14), les roues n'y adhèrent plus, elles *patinent* (403), c'est-à-dire tournent sur elles-mêmes sans faire avancer la machine. Il en est de même de la courroie sur une poulie, prise ci-dessus pour exemple : si on graisse la courroie, elle glisse et n'adhère plus; c'est aussi une espèce de patinage.

Lorsque la résistance de cette même poulie est à son tour trop considérable, eu égard à la force motrice avec laquelle la courroie l'entraîne, ou bien le mouvement s'arrête, ou bien la courroie casse, ou bien elle glisse sur la poulie comme si elle n'était pas suffisamment tendue. La même chose a lieu pour les locomotives : si la résistance au mouvement l'emporte sur la puissance adhérente, il y a patinage.

**687.** ***Pour évaluer la puissance adhérente*** des roues de locomotives on la compare au poids qui charge ces roues, et l'on a reconnu que cette adhérence valait en kilogrammes une fraction de ce poids.

L'adhérence est évidemment très-variable avec l'état des rails. Dans la pratique des chemins de fer on admet qu'elle est, *en plaine*,

| | | |
|---|---|---|
| Dans les meilleures conditions. . . . | 1/4 | du poids qui |
| Dans les plus mauvaises . . . . . . . | 1/30 | charge les roues |
| Dans les conditions moyennes.. . . . | 1/6 | adhérentes. |

Soit donc une locomotive dont le poids sur les deux

roues motrices est P = 12000 kilog., on aura la force adhérente

Dans les conditions moyennes . . . . . . $F = \frac{P}{6} = \frac{12000}{6} = 2000$ kilog.

Et dans les plus mauvaises conditions. . $F = \frac{P}{30} = \frac{12000}{30} = 400$ kilog.

Cette force adhérente permettra tout au plus à la locomotive de se mouvoir avec son tender sans patinage dans des circonstances exceptionnellement mauvaises; mais dans les conditions ordinaires, une machine de puissance moyenne remorquera au moins 200 tonnes (606 et suiv.). Dans ce second cas, la force adhérente est plus que suffisante pour les besoins du trafic, mais elle est bien minime dans le premier, en comparaison du poids de la machine; heureusement qu'elle correspond à des circonstances rares et auxquelles on peut remédier par des moyens indiqués ci après (688).

Réciproquement, soit un train de marchandises pesant 340 tonnes, dont la résistance à la traction (606) est, à raison de 5 kilog. par tonne, $340 \times 5 = 1700$ kilog. en plaine. Supposons que cet effort soit doublé sur les rampes de la ligne; et soit 3500 kilog. en nombre rond la résistance à la traction : telle sera au minimum l'expression de la puissance adhérente voulue. Pour l'obtenir la charge des roues sera

Dans les conditions moyennes, $3500 \times 6 = 19000$ k.

Ce serait trop pour un seul essieu, mais il suffira d'accoupler aux roues motrices soit l'essieu d'avant, soit l'essieu d'arrière pour avoir, même avec de petites machines, une puissance adhérente considérable.

Si, dans les circonstances ordinaires, cette puissance adhérente provenant du poids propre de la machine, suffit à la pratique, on a vu qu'il y a cependant des circonstances exceptionnelles où elle est tout à fait insuffisante. Dans le second exemple, il ne faudrait rien moins que 100 tonnes de charge sur les roues adhérentes pour entraîner un train de 340 tonnes dans les mauvaises conditions. Aussi les inventeurs se sont-ils ingéniés à obtenir une adhérence indépendante du poids de la machine. Un système simple ne modifiant pas l'état du matériel fixe ou roulant serait sans doute utile, mais on s'exagère cette utilité, puisque pendant la plus grande partie de l'année l'adhérence actuelle est bien suffisante. Quant à l'espoir de diminuer ainsi le poids des machines, c'est une illusion, car le poids qu'on leur donne actuellement tient à la dimension des organes moteurs, lesquels ne peuvent être diminués sans nuire à leur solidité.

688. Les *circonstances accidentelles qui diminuent la puissante adhérente* sont :

1° Le poli des rails produit par les roues d'un train précédent, qui ont patiné et rodé pour ainsi dire la voie.

2° Le graissage des rails ou des roues, résultant de ce que de l'huile ou de la graisse a été répandue sur la voie. Cela arrive fréquemment par le fait du mécanicien, lorsqu'en marche ou aux stations il graisse les articulations de la machine.

3° L'humidité des rails provenant du brouillard ou du voisinage des grands arbres dans la traversée des bois, qui produisent sur les rails un onctueux presque égal à celui du cas précédent (15).

4° La neige et le verglas.

Les *circonstances accidentelles qui augmentent au contraire l'adhérence* des roues sur la voie sont :

1° La rouille qui couvre les rails et les rend moins glissants.

2° Une pluie abondante qui mouille complétement les rails (15) et ne leur donne pas seulement cet onctueux produit sur le fer par l'eau en petite quantité du brouillard.

3° La présence du gravier qui s'interpose entre le rail et la roue et fait mordre celle-ci pour ainsi dire. On verra que c'est en répandant du gravier fin et sec sur les rails trop glissants, qu'on y fait mordre les roues quand elles patinent.

689. L'*adhérence doit être en rapport avec l'effort de traction* dont il sera parlé ci-après parlé (694 et suiv.), et avec l'état plus ou moins glissant de la voie : notablement plus forte qu'il ne convient, le poids qui charge les roues ne sert qu'à augmenter la résistance passive du frottement des fusées dans les boîtes à graisse.

Quant, au contraire, l'effort adhérent ne l'emporte pas sur l'effort moteur du piston, celui-ci force les roues à tourner et à patiner. C'est ainsi, disait M. Gooch dans l'enquête au parlement, qu'avec des rails secs, une charge de 1200 tonnes sur les roues entraîne sans patinage 2490 kil., tandis qu'une charge de 1500 tonnes sur les roues n'a pu résister à un effort de traction de 1450 kil. sur rails humides, car dans ce dernier cas la puissance adhérente n'était plus que 1/10 de la charge.

Il suit de là que la charge des roues doit être moindre en été qu'en hiver, moindre pour les lignes en plaine, que pour desservir des lignes accidentées, bordées de forêts, traversant des tunnels humides et longeant des

cours d'eau, parce que ces diverses circonstances rendent les rails glissants.

690. *Réglementation de la charge des roues.* Entre les roues et la machine dont le poids les charge, sont intercalés, comme dans les wagons, des ressorts dits de suspension qui ne servent pas seulement à amortir les chocs, mais qui peuvent être tendus à volonté à l'aide d'écrous de serrage pour distribuer sur les roues la charge de la machine. En France, on permet aux mécaniciens de serrer ou desserrer à leur gré les ressorts. Cette pratique est, à notre avis, fort dangereuse entre les mains d'hommes qui ne sont pas toujours capables d'en user avec une parfaite connaissance de cause. En Angleterre, où les bons conducteurs de machines ne sont pas plus rares qu'en France, il est interdit de toucher aux ressorts hors de la présence de l'ingénieur, et on dispose les organes de serrage de façon que la défense ne puisse pas être enfreinte. Cela se fait ordinairement en donnant aux écrous de serrage un calibre hors classe et ne pouvant être touchés avec aucune des clés laissées à la disposition des mécaniciens.

Pour charger ou décharger les roues, il suffit, on l'a dit, de serrer ou desserrer les ressorts de suspension. Ce travail ne se peut pas bien faire par tâtonnement : déjà, il y a plusieurs années, M. Nozo avait fait usage d'une balance pour constater la charge des roues et la régler en conséquence (Voyez mémoire n° 10, à la Société des ingénieurs civils de Paris). Développant cette idée, il a été construit par M. Sagnier des bascules à six ponts, sur lesquels les six roues accusent simultanément leurs charges respectives. Il suffit alors, après avoir mis dans chaque plateau des six balances le poids voulu, de serrer

ou desserrer les ressorts jusqu'à ce que l'équilibre existe entre toutes les balances. Dans la pratique, l'imperfection des outils ne permet qu'après de très-longs tâtonnements, d'atteindre une exactitude rigoureuse, même entre les deux roues d'un même essieu; mais, sans chercher à l'atteindre, on arrive en peu de temps à une répartition suffisante pour la pratique; on la considère comme telle quand les charges réelles sur les roues n'excèdent pas de 90 à 100 kilogrammes les charges voulues.

Pour passer une locomotive sur la *bascule à régler*, il faut emplir d'eau sa chaudière, et de combustible son foyer, pourvoir ses caisses d'approvisionnements, et même faire monter à leur place les hommes de service; en un mot, placer la machine dans les conditions de sa marche normale; car c'est pour celle-ci qu'il faut répartir la charge des roues.

691. *Accouplement des roues.* Pour utiliser l'adhérence des roues autres que celles dites motrices et traîner de plus fortes charges, on les réunit par des bielles dites de connexion, de façon à ce que les roues motrices entraînent les autres et les rendent également motrices. Soit, en effet, une locomotive à marchandises dont les trois essieux sont également chargés de 8 tonnes chacun. L'adhérence qui, calculée à raison de 1/6 du poids, serait égale à 1333 kilogr. sur un seul essieu, devient 2666 kilogram. avec l'accouplement du deuxième essieu, et 3999 kilogr. avec l'accouplement de toutes les roues.

Toutes les roues couplées doivent, autant que possible, avoir des diamètres égaux, être chargées également et se comporter de même en marche. C'est, remarquait Brunel dans l'enquête au parlement, une triple con-

dition difficile à remplir en pratique ; les cercles s'usent inégalement, la charge est rarement d'une égalité parfaite ; et de cette conduite simultanée des roues diverses, résultent une gêne et des tiraillements nuisibles au travail utile. D'où il suit, concluait Brunel, qu'on ne doit recourir à l'accouplement des roues que lorsque, en raison des besoins du service, on ne peut se procurer autrement l'adhérence voulue.

Par les mêmes raisons, Stephenson concluait que l'accouplement des roues devait se limiter aux vitesses de 65 kilomètres à l'heure.

Dans les locomotives à marchandises, on accouple généralement les trois paires de roues; mais comme il en résulte plus de frottements dans les courbes et plus de complication, quelques ingénieurs n'en accouplent que deux, comme dans les locomotives dites *mixtes*, ce qui permet encore d'obtenir environ 3600 kilog. d'adhérence.

692. Dans ce cas, *quelle paire de roues convient-il de réunir aux roues motrices*, en supposant le cas ordinaire des machines à trois paires de roues? Ici encore, à côté des avantages sont les inconvénients, et peut-être a-t-on été quelquefois trop absolu.

En principe, nous dirons qu'il faut coupler aux roues motrices les roues,

1° Dont la charge peut se rapprocher le mieux de celle des roues motrices sans troubler la stabilité de la machine ;

2° Dont la connexion peut s'opérer par les moyens les plus simples, sans trop gêner l'abord ou l'installation du mécanisme ;

3° Dont le diamètre peut égaler celui des roues motrices sans donner trop de porte-à-faux aux extrémités de la machine.

Nous ajouterons que les roues dont la fatigue et les ruptures sont spécialement dangereuses ne devraient pas recevoir en principe le surcroît de fatigue qui résulte pour elles de leur accouplement, et que si les autres circonstances les réclament pour l'adhérence, il faut, par des dimensions au moins égales à celles des roues motrices, les préserver de toutes chances d'accidents.

Ceci posé, il faut distinguer deux cas :

1° Dans les machines ordinaires à six roues, ou d'après l'ensemble des dispositions et les conditions de stabilité, on a les roues d'avant très-chargées, celles de derrière, au contraire, n'ayant besoin de l'être que très-peu, il est évident que les roues accouplées aux roues motrices seront les *roues d'avant*.

2° Dans les machines à six roues où les roues d'arrière sont forcément chargées par la mise en porte-à-faux des foyers ou des caisses d'approvisionnement, ce sont ces *roues d'arrière* qu'il faut accoupler aux roues motrices, se hâtant alors de rendre aux roues d'avant leur liberté ; car l'accouplement des roues d'avant oblige, dans la disposition actuelle, d'incliner le mécanisme au lieu de lui conserver la position horizontale qui est plus favorable à divers titres ; et, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, elles ont bien assez à faire de frayer la voie et de diriger la marche de la machine.

693. L'accouplement de deux paires de roues chargées au maximum de 15 tonnes par essieu est insuffisant dans le cas des grands transports de marchandises et pour gravir des rampes exceptionnellement rapides. On a alors porté parfois jusqu'à dix le nombre des roues couplées, en égalisant, comme nous l'avons dit, leur diamètre et leur charge. Le point difficile est de trouver un

système de connexion des roues qui puisse les faire participer à la puissance motrice en se prêtant aux flexions voulues pour franchir les courbes.

Des paires de bielles établies par côtés, suivant le système connu, ne résolvant déjà pas le problème sans difficulté pour trois paires de roues ayant plus de 3$^m$,50 d'*entr'axe* extrême (654), on a employé des engrenages comme dans le système Engerth. S'il faut dire sur ce point notre opinion, nous en trouvons l'emploi admissible s'ils permettent d'utiliser l'adhérence de plusieurs paires de roues; mais nous n'acceptons pas qu'on recoure à ces organes coûteux et compliqués, qui ferraillent et se détruisent, pour gagner l'adhérence d'une seule paire de roues, et l'avenir des chemin de fer nous semblerait bien limité si l'accroissement des transports ne conduisait qu'à l'emploi des engrenages dans les locomotives, lorsqu'on cherche à les supprimer dans toute machine à vapeur d'usine et de bateau.

### § II. — Puissance de traction des locomotives.

694. La puissance de traction a été définie au nº 685.

Le chemin parcouru par une locomotive est sensiblement égal à celui qui se développe à la circonférence des roues. Cela n'est pas vrai, sans doute, quand ces roues *patinent*, c'est-à-dire quand elles tournent sur elles-mêmes, faute d'adhérence, sans faire avancer le train; mais lorsqu'il n'y a pas de patinage et que les roues adhèrent convenablement aux rails, la différence qui a pu être signalée entre l'espace réellement parcouru par la locomotive et un point donné sur la circonférence des

roues est si petite, qu'on la peut regarder comme insignifiante.

Ceci posé, soit :

V la vitesse de la locomotive, évaluée en mètres, par seconde;
D le diamètre des roues, évalué en mètres;
$n$ le nombre de tours que les roues décrivent par seconde.

On aura les formules suivantes :

1° Vitesse que les rones impriмeront par seconde à la machine. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $V = n \times D \times 3{,}14$

2° Diamètre à donner aux roues pour effectuer une vitesse voulue, connaissant leur nombre de tours. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $D = \frac{V}{n \times 3{,}14}$

3° Nombre de tours à imprimer à des roues d'un diamètre donné pour effectuer une vitesse voulue. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $n = \frac{V}{D \times 4{,}14}$

*Exemples :* 1° Quel sera le diamètre des roues motrices d'une locomotive devant fournir 20 mètres de vitesse par seconde avec trois tours de roues par seconde? La deuxième formule donne $D = \frac{20}{3 \times 3{,}14} = 2^{m},12$ en nombre rond. C'est effectivement le diamètre assigné à peu près aux roues des locomotives à grande vitesse (Voir au tableau H du chapitre V).

2° Quelle vitesse imprimerait à la locomotive des roues ayant un diamètre de $1^{m},70$ donnant, comme dans le cas précédent, trois tours par seconde? La première formule donnera $V = 3 \times 1{,}70 \times 3{,}14 = 16$ mètres par seconde.

3° Pour fournir avec ces mêmes roues la vitesse $V = 20$ mètres, comme dans le premier exemple, il faudrait leur faire donner par seconde $n = \frac{20}{1{,}70 \times 3{,}14} = 3{,}75$ tours.

On trouvera au chapitre V, pour la pratique du mécanicien, un tableau des relations entre le nombre de tours de roues, leur diamètre et leur vitesse effectuée.

Nous nous sommes, aux nos 653 et suiv., occupé des roues considérées comme *porteuses*; nous avons à les étudier maintenant comme organes *propulseurs*.

Quelles limites doit-on, à ce point de vue, assigner à leur diamètre et à leur rapidité ainsi qu'à la vitesse de la machine?

695. *La vitesse à donner à la machine* et au train n'est limitée que par la difficulté d'assurer la stabilité des véhicules. A mesure qu'on trouve le moyen de donner plus d'assiette à ces voitures, à la machine plus d'assiette et de puissance, à la voie enfin plus de solidité, on augmente le diamètre des roues et la vitesse. On atteint aujourd'hui des marches de 100 kilomètres à l'heure avec des roues de 2m,30 et même de 2m,10; nul doute qu'on n'aille au delà (1).

Du *diamètre* qu'on donne aux roues motrices pour imprimer aux trains une vitesse voulue, dépendent la vitesse et la course du piston, la dimension et le poids des cylindres, et par suite le poids et la dimension de toute la machine. On sait qu'une révolution entière de roue correspond à un double coup de piston.

Étant donc donné un certain chemin à parcourir en un temps voulu, plus sera grand le diamètre des roues, moins sera multiplié le nombre de leurs tours et des coups de piston, et réciproquement.

On a vu, aux nos 251 et suiv., entre quelles limites on

(1) Sur la voie du Great-Western, qui a 2m,16, les locomotives ont de roues 2m,40 de diamètre, et l'on fait plus de 120 kilom. à l'heure.

pouvait, sans trop d'inconvénients, régler la course et la vitesse du piston. D'un autre côté, plus on multiplie le nombre de révolutions des roues plus on multiplie les coups de piston, et plus on avance vers l'instant où les admissions et émissions de vapeur n'ont pas le temps de s'opérer par les orifices des cylindres avec les intermittences nécessaires.

Dans l'état actuel des locomotives, on se tient entre deux tours et demi à trois tours de roue par seconde, ce qui, pour le diamètre des roues et les vitesses de marche usitées, correspond à une vitesse de piston de 3 à 4 mètres par seconde. C'est une vitesse très-considérable que les auteurs du *Guide du mécanicien* et M. Lechâtelier recommandent de ne pas dépasser, et qu'on devra même réduire à mesure qu'on augmentera la puissance des machines et le poids des organes en mouvement.

696. Quant au *diamètre des roues*, tant qu'on n'outrepasse pas les limites assignées à la vitesse du piston, il ne dépend plus que de considérations toutes pratiques.

*Avec de trop grands diamètres*, les roues deviennent d'abord très-lourdes et difficiles à exécuter; l'énorme bandage qu'elles exigent se rencontre rarement dans le commerce, et comme plus une barre de fer est longue, plus il est difficile de lui assurer partout l'homogénéité de matière, il en résulte que le bandage prend rapidement une usure inégale, dispendieuse pour l'entretien de la machine et nuisible à son bon service.

L'agrandissement du diamètre des roues a encore pour effet d'exiger une trop grande surélévation de la chaudière, à moins que leur essieu ne soit placé en dehors comme dans le système Crampton, ou au-dessus comme dans les machines Blavier-Larpent et Threvithick, qu'on

a vues aux expositions de Paris et de Londres en 1855 et 1851.

Enfin, il est à craindre que les roues ne déversent, dans l'impossibilité où l'on est d'allonger à volonté le moyeu qui, dans l'état actuel, ne peut guère avoir plus de 25 centimètres de long.

*De trop petites roues* ont au contraire le défaut d'exiger une plus grande multiplicité de coups de piston pour une vitesse donnée, et d'engendrer plus de *points-morts* à chaque bout de course des pistons.

Le service de la voie y trouve en outre un grave inconvénient : lorsqu'il s'agit de relever les rails et les traverses, on est dans l'usage d'entasser de côté le *ballast* (571) à une hauteur qui ne peut être moindre de 30 centimètres ; d'où il suit qu'en abaissant trop la machine, ou bien elle laboure le ballast entassé ainsi, au risque d'en remplir les articulations, ou bien elle rend la réparation de la voie très-difficile.

Enfin, il est d'expérience que les petites roues ont plus de tendance à patiner.

Ces diverses considérations ont fait réduire à $2^m,74$, puis à $2^m,44$, le diamètre des roues, primitivement porté à 3 mètres, dans les grandes locomotives du Great-Western railway (695) ; voilà pour les plus grandes roues.

Quant au plus petit diamètre donné aux roues motrices, on l'a abaissé jusqu'à 1 mètre seulement ; mais dans des cas tout particuliers, où cette réduction était commandée par des circonstances exceptionnelles. Sur la ligne française du Nord, les premières locomotives à marchandises avaient un diamètre égal à $1^m,20$. On ne leur a donné depuis jamais moins de $1^m,40$.

En résumé, on voit, d'après les tableaux G et suivants

du chapitre V, que les dimensions de roues motrices généralement usitées sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Locomotives à grande vitesse ordinaires. . . . . . | 2m,10 |
| Locomotives à trains de voyageurs. . . . . . . . | 1m,70 à 1m,80 |
| Locomotives à marchandises, ordinaires. . . . . . | 1m,40 à 1m,50 |
| Locomotives très-puissantes, à petite vitesse. . . | 1m,10 |

Dans l'enquête ouverte en 1845 au parlement anglais sur le matériel des chemins de fer, Brunel a établi que, pour les voies ordinaires de 1m,44, les dimensions normales des roues motrices étaient :

| | |
|---|---|
| Pour les locomotives à voyageurs, de . . . . | 1m,83 à 1m,98 |
| Pour les locomotives à marchandises, de. . | 1m,37 à 1m,52 |

697. *L'effort moteur* dans les locomotives est, comme dans toutes les machines fixes (455), produit par la pression de la vapeur venant de la chaudière sur un piston mobile dans un cylindre clos. Cet effort se transmet par une manivelle à l'essieu des roues motrices qu'elle force à tourner.

Nous avons vu que dans les locomotives ordinaires le mouvement est transmis à l'essieu par deux pistons à vapeur conjugués à angles droits (Voyez nos 298 et 299.). Quelle est l'intensité de l'effort communiqué par la vapeur aux pistons, et par les pistons aux roues? C'est ce qu'il nous reste à examiner.

La pression effective de la vapeur sur les pistons n'est qu'une fraction notablement réduite de celle qui est mesurée dans les chaudières par le manomètre.

1° Il résulte des expériences de MM. Gouin et Lechâtelier, Bertera, Gooch, etc., que, dans les locomotives bien proportionnées, la pression motrice de la vapeur admise dans les cylindres n'est plus en moyenne que les

0.85 de la pression accusée dans la chaudière par le manomètre (218), à cause de l'étranglement des orifices et du frottement dans les conduits (voyez n° 69).

2° La contre-pression (246) qui s'exerce de l'autre côté du piston atteint, à certains instants, presque la moitié de la pression motrice.

3° Vient enfin la diminution de pression résultant de la détente et la résistance de l'air qui s'oppose à la sortie de la vapeur, comme dans toute machine à expansion libre dans l'atmosphère.

On a vu au n° 263, par l'exemple donné de la distribution de vapeur dans une bonne locomotive du système ordinaire, que la détente de la vapeur variait en moyenne entre les 0,45 et les 0,20 de la course du piston. Nous croyons pouvoir admettre ce rapport comme l'expression de ce qui se pratique communément dans les locomotives actuelles (voyez n° 699).

698. Quelle est, d'après ces données, la pression effective motrice sur les pistons? C'est une évaluation presque impossible à donner exactement, et que les dynamomètres actuels n'ont guère encore permis de préciser, tant les flexions brusques de leurs ressorts ont rendu les courbes décrites incertaines et confuses. La vitesse du piston, l'état plus ou moins sec de la vapeur, la tension, l'étranglement de la tuyère (209) et beaucoup d'autres causes exercent une influence dont les variations défient l'analyse. S'il faut cependant pour la pratique du mécanicien fixer par approximation quelle peut être la pression effective correspondante à une admission plus ou moins prolongée de la vapeur dans le cylindre, les expériences suivantes vont permettre de l'indiquer.

MM. Gouin et Lechâtelier ont fait, en 1844, leurs ex-

périences sur une locomotive du chemin de fer de Saint-Germain, nommée *la Gironde* (tableau G du chapitre V), qui avait très-peu de détente et un échappement créant à la sortie de vapeur une résistance probablement supérieure à celle qui existe aujourd'hui dans les bonnes locomotives. Voici les résultats obtenus :

| | |
|---|---|
| Pression absolue dans la chaudière. . . . . . . . . . | 4$^{at}$,50 |
| *Id.* dans la boîte à tiroirs (réduction aux 0,90 de la chaudière, par l'étranglement du régulateur et le frottement des conduits). . . . . . . . . . . . . | 4 ,05 |
| *Id.* dans le cylindre (nouvelle réduction aux 0,90 par l'étranglement des orifices). . . . . . . . . . . | 3 ,64 |
| Dont il faut retrancher pour la contre-pression, la résistance de l'air, la résistance à la sortie et le recouvrement, en moyenne la moitié de la pression motrice; soit donc pour la pression utile . . | 1 ,82 |

La pression utile moyenne a donc été les 0,40 de la pression accusée par le manomètre de la chaudière. C'est une réduction énorme qui descend certainement au-dessous des limites qu'on trouve dans les locomotives actuelles, où l'on marche, comme dans *la Gironde*, avec une très-faible détente.

Plus récemment, M. Lechâtelier (sur les chemins de fer anglais en 1851), en réglant les proportions à donner aux locomotives, a déterminé ainsi qu'il suit leur pression effective pour la marche au premier cran de la détente (le premier, sans doute, au fond du guide du levier, près de la marche en pleine course).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pression absolue de la vapeur dans la chaudière. . . . . | | | $7^{at},00$ |
| A déduire pour | la résistance de l'air. . . . . | $1^{at},00$ | |
| | l'étranglement des orifices. . | 1 ,50 | |
| | le frottement des conduits. . | | |
| | la détente. . . . . . . . . . . | | |
| | la contre-pression. . . . . . . | | |
| | Total à déduire. . . . . | 2 ,50 | |
| Reste pour pression effective sur le piston, par centimètre carré, dans ce cas de faible détente. . . . . . . | | | 4 ,50 |

Soit les 0,60 de la pression dans la chaudière.

699. MM. Bertera et Steger ont fait aussi des expériences du même genre.

Les expériences de M. Bertera sur une locomotive à marchandises (système Polonceau, voyez n° 642) avec détente Stephenson (260), à $0^m,23$ d'une course de piston égale à $0^m,60$, la vitesse du train étant 25 kilomètres à l'heure, ont donné ce qui suit :

| | |
|---|---|
| Pression absolue dans la chaudière. . . . . . . . . . | $5^k,98$ |
| Pression réduite dans la boîte à tiroirs, à, . . . . . . | 5 ,23 |
| Pression réduite dans le cylindre pendant l'admission, à. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 ,27 |
| Pression réduite par la détente, à. . . . . . . . . . . . | 2 ,36 |
| La contre-pression sur l'autre face du piston ayant été trouvée égale à. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1 ,59 |
| Il reste, pour pression effective, motrice sur le piston, par centimètre carré. . . . . . . . . . . . . . . | $0^k,77$ |

Soit les 0,13 de la pression dans la chaudière.

Les expériences de M. Steger sur une locomotive à voyageurs de Stephenson ont d'abord montré qu'il y avait une grande différence entre l'instant du démarrage et la marche en vitesse.

En démarrant, la pression de la vapeur s'est maintenue dans le cylindre pendant toute l'admission, sensiblement égale à la pression dans la chaudière, et le levier

de détente étant accroché au premier cran, de manière à couper l'admission environ au 0,2 de la course, la pression moyenne sur le piston a été $4^{at},75$, dont il faut retrancher $1^{at},5$ pour la contre-pression et la résistance de l'air. Soit pour pression moyenne effective $3^{at},25$, ce qui forme les 0,54 de la pression dans la chaudière. Voilà pour l'instant du démarrage.

Pendant la marche (à la vitesse de 48 kilomètres en moyenne), les conditions se sont complétement modifiées : la détente étant comme ci-dessus accrochée au premier cran, la pression moyenne sur le piston ne s'est plus élevée qu'à $3^{at},10$, dont il faut retrancher, comme dans le premier cas, $1^{at}$ 1/2 pour la contre-pression et la résistance de l'air, ce qui réduit la pression moyenne effective à $1^{at},60$, soit 0,26 de la pression dans la chaudière.

Les figures • et 3 donnent les diagrammes obtenus dans des expériences subséquentes pour les quatre premiers crans de la détente en démarrant et en vitesse, le manomètre marquant 7 atmosphères dans la chaudière. Ils fournissent, en résumé, les résultats suivants :

| CRANS DE LA DÉTENTE. | EN DÉMARRANT. | | EN VITESSE. | |
|---|---|---|---|---|
| | Durée de l'admission. | Pression motrice effective moyenne. | Durée de l'admission. | Pression motrice effective moyenne. |
| | | atm. | | atm. |
| Premier cran. . . . . . . . | 0,24 | 2,80 | 0,18 | 1,29 |
| Deuxième cran.. . . . . . . | 0,35 | 2,93 | 0,22 | 2,04 |
| Troisième cran. . . . . . . | 0,43 | 4,07 | 0,41 | 2,93 |
| Quatrième cran. . . . . . . | 0,57 | 4,76 | 0,48 | 3,44 |

700. Par des considérations et calculs analogues, nous étions arrivé nous-même à évaluer la pression motrice à 0,50 de la pression de la chaudière pour les faibles détentes, et à 0,20 pour les grandes détentes (1).

Mais nous croyons être près de la vérité cette fois en estimant cette pression motrice effective :

| | | |
|---|---|---|
| Pour le dernier cran, à. . . . | 0,55 | de la pression dans |
| Pour le premier cran, à. . . . | 0,20 | la chaudière. |

Nous n'osons guère, en présence du petit nombre d'expériences faites jusqu'ici, évaluer la pression effective correspondante aux crans intermédiaires. On annonce prochainement sur ce point un travail d'un de nos premiers ingénieurs, qui fixera sans doute les incertitudes. Quant à présent, c'est déjà quelque chose pour le mécanicien de connaître les pressions correspondantes aux points extrêmes.

Répétons-lui bien que ces évaluations, que nous croyons peu éloignées de l'exactitude pour les conditions

(1) Par *faible détente* nous entendons celle qui a lieu quand la coulisse, amenée à son extrémité, utilise pour la distribution toute la course de l'excentrique; de sorte que la vapeur est admise pendant la période la plus prolongée possible. On sait alors qu'il reste cependant encore un peu de détente provenant de l'avance donnée aux tiroirs lors de la construction. (Voyez n° 260 et planche IV du premier volume.)

Par *grande détente* nous entendons celle qui a lieu quand la coulisse est ramenée vers son centre d'oscillations ou point-mort, de sorte que la course de l'excentrique n'est utilisée pour le déplacement des tiroirs de distribution que pour une très-faible partie. La vapeur n'est alors introduite dans le cylindre que pendant quelques instants.

Si la coulisse de distribution se manœuvre à l'aide d'un *levier de relevage* muni d'un verrou pour l'embrayer dans les crans d'un guide, ainsi que cela se pratique ordinairement, la *grande détente* dont nous voulons parler serait celle qui correspond au *premier cran* (le plus voisin du *point-mort*, intermédiaire entre ceux pour la marche en avant et en arrière). La faible détente est au contraire celle qui correspond au *cran extrême* du guide. (Voyez planche IV du premier volume.)

moyennes d'une bonne machine bien conduite à sa vitesse normale, ne sont que des valeurs approximatives qui peuvent varier entre des limites étendues suivant de nombreuses circonstances.

**701.** Comment l'*effort moteur du piston est-il converti en effort de traction* par les roues? Celles-ci ne sont autre chose qu'une série continue de leviers du premier ou du troisième genre, dans chacun desquels les *deux bras* sont la manivelle motrice et le rayon proprement dit de la roue, le *point d'appui* étant au centre du moyeu, *la résistance* au pied du rayon, c'est-à-dire au cercle de roulement, et *la puissance* au bouton de la manivelle.

Or, d'après la théorie du levier, l'effort R utilisable pour la traction au pied du rayon L est à l'effort P directement développé par la vapeur au bouton de manivelle $l$ dans le rapport inverse des bras L et $l$. Ce qui donne la proportion suivante : P : R : : L : $l$.

D'où on tire pour la pratique les formules suivantes :

$$P = \frac{RL}{l}, \quad R = \frac{Pl}{L}, \quad l = \frac{RL}{P}, \quad L = \frac{Pl}{R}.$$

Dans ces expressions, on désigne par

P la puissance motrice des deux pistons, en kilog.;
R la résistance totale à la traction (606), en kilog.;
L le rayon des roues motrices, en mètres;
$l$ la manivelle comptée de centre en centre, en mètres.

*Exemple* : Soit P = 4144 kilogr. la pression motrice des deux pistons d'une locomotive fonctionnant à grande détente, soit L = 0$^{m}$,85 le rayon de la roue motrice, et $l$ = 0,28 le rayon de ses manivelles, on pourrait lui faire traîner un convoi dont la résistance à la

traction, tout compris, sera $R = \frac{4144 \times 0,28}{0,85} = 1365^k$;
ce qui suppose à peu près un train de 14 à 15 voitures avec sa machine et son tender marchant à la vitesse de 43 kilom. à l'heure.

702. ***Des résistances passives*** considérables existent dans les locomotives et tenders pour réduire, comme dans toutes machines à vapeur, leur travail effectif. Nous ne voyons pas de raison pour considérer le tender autrement que les wagons, au point de vue de la résistance à la traction par tonne, et nous croyons pouvoir lui appliquer les coefficients du n° 606.

, Quant aux résistances passives des locomotives, il est très-difficile de les évaluer; car les conditions du service offrent une variation qui défie presque toutes les expériences. On n'en est encore sur ce point qu'aux *à peu près*, et ce n'est qu'avec une grande réserve que nous offrons les évaluations qui suivent.

Ces résistances passives sont de deux sortes :

1° Les locomotives résistent, *comme voitures*, au roulement sur la voie, à l'air et au vent;

2° Elles résistent à la traction par le *frottement* des organes du mécanisme.

Examinons ces deux sortes de résistances :

La résistance au roulement, diminuant en raison de la racine carrée du diamètre des roues, il n'est pas très-exact d'assimiler les locomotives avec leurs grandes roues aux wagons. Mais, par contre, la résistance du vent est plus forte sur les locomotives et le tender, que sur les wagons qui sont plus ou moins masqués les uns par les autres; les roues exercent d'ailleurs bien plus de dépression sur les rails que les wagons. Elles s'y tourmentent

plus; elles sont rarement en parfait état, et c'est être plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité que d'estimer la résistance des locomotives à la traction par tonne à la même quantité que pour les wagons (n° 606).

703. La *résistance due au frottement des organes* est dans les locomotives bien plus considérable que dans les wagons. Outre le frottement des fusées, on trouve parmi les principaux organes frottant, les glissières des tiges du piston et des plaques de garde, les colliers d'excentriques, bielles, pistons et tiroirs de distribution.

Cette résistance additionnelle du frottement varie entre de larges limites suivant la perfection du montage, les soins dans le graissage, la simplicité du mécanisme, la proportion des surfaces frottantes. Elle augmente avec la charge du train, parce que plus celui-ci est lourd, plus la pression de la vapeur s'élève pour vaincre sa résistance. Or cette pression réagit sur toutes les pièces frottantes du mécanisme.

Une machine neuve, dont les articulations ne sont pas encore rodées, et polies par le service offre beaucoup de dureté, et le mécanicien s'en aperçoit au démarrage. Lorsque ses articulations sont *gaies*, sans excès de jeu toutefois, le frottement est très-réduit.

Cependant il importe d'avoir au moins une approximation servant de point de repère pour évaluer ces résistances additionnelles. M. Lechâtelier les a estimées approximativement dans trois classes de machines, savoir :

1° Une machine à vapeur pour trains express, pesant 25 tonnes et montée sur trois paires de roues, dont une seule paire motrice ;

2° Une locomotive mixte du poids de 24 tonnes, à trois paires de roues, dont deux paires sont couplées par des

bielles de connexion extérieures, offrant un frottement sensible;

3° Une locomotive à marchandises du poids de 28 tonnes, à 6 roues couplées par des bielles de connexion.

Dans ces trois machines, les résistances additionnelles dues au frottement des organes ont été évaluées ainsi qu'il suit pour les conditions moyennes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Locomotives à voyageurs. . . . | 287k,16 | soit par tonne | 11k,48 |
| Locomotives mixtes. . . . . . . | 320 ,46 | . . . . . . . . . | 13 ,33 |
| Locomotives à marchandises. . | 448 ,00 | . . . . . . . . . | 16 ,00 |

En réunissant à ces valeurs celles de la machine considérée comme voiture (702), on aura pour résistance à la traction par tonne, des locomotives, les coefficients suivants en nombres ronds :

| | | |
|---|---|---|
| Machines à roues indépendantes pour le service des voyageurs. . . . . . . . . . . . . . . . . . | express. . . | 21k,50 |
| | directs. . . | 19 ,00 |
| | omnibus. . | 18 ,00 |
| Machines à 4 roues couplées pour les trains. . . | directs. . . | 22 ,00 |
| | omnibus. . | 21 ,00 |
| Machines à marchandises. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 20 ,25 |

704. Les évaluations de M. Henry Mathieu (1) sont loin d'être aussi élevées : prenons seulement quelques-unes des locomotives mentionnées dans les tableaux de son mémoire : leur résistance passive comprend l'action de la gravité sur rampe de 5 millimètres ; mais retranchant des nombres de ce tableau 1 kilog. par millimètre de rampe et par tonne du poids de la machine, on aura la résistance en plaine ainsi qu'il suit :

(1) Voyez le Mémoire sur la puissance des locomotives, lu à la Société des ingénieurs civils de Paris en 1849.

| NUMÉROS du tableau. | DÉSIGNATION DE LA MACHINE. | VITESSE du train. | POIDS de la machine en marche. | RÉSISTANCE à la traction en plaine, totale. | RÉSISTANCE à la traction en plaine, par tonne. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kilom. | ton. | kil. | |
| 1 | Voyageurs de Tayleur (Saint-Germain). | 40 | 13,0 | 145,0 | 11,15 |
| 3 | *Id.* . . . . de Cavé (Saint-Germain). | 40 | 16,0 | 165,0 | 10,31 |
| 13 | *Id.* . . . . de Cail (Nord). . . . . . . | 40 | 22,0 | 245,0 | 11,11 |
| 15 | *Id.* . . . . de Cail (Lyon). . . . . . . | 40 | 25,0 | 275,0 | 12,00 |
| 16 | Mixte de Gouin (Lyon). . . . . . . . . | 30 | 25,5 | 265,5 | 10,40 |
| 22 | Mixte de Cavé (Ouest). . . . . . . . | 40 | 23,0 | 256,0 | 11,13 |
| 14 | Marchandises de Cail (Nord). . . . . | 25 | 25,5 | 199,5 | 7,85 |
| 11 | *Id.* . . . . . . de Flachat (St.-Germ.). | 25 | 22,0 | 201,0 | 9,10 |
| 17 | Crampton (Nord). . . . . . . . . . . | 60 | 26,0 | 418,0 | 16,00 |

Ce tableau donne la moyenne suivante pour résistance à la traction par tonne :

| | |
|---|---|
| Locomotive à marchandises à 6 roues couplées. . | 8k,47 |
| Locomotive mixte. . . . . . . . . . . . . . . . | 10 ,75 |
| Locomotive à voyageurs. . . . . . . . . . . . . | 11 ,04 |
| Crampton. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 16 ,00 |

Ces rapports, à l'inverse de ceux de M. Lechâtelier, sont moins élevés pour les locomotives à roues couplées que pour les autres, et il en résulte que la présence des bielles de connexion a beaucoup moins exercé d'influence que la vitesse.

705. C'est, au surplus, ce que M. Mac-Connel, Stephenson et Thevithick ont prétendu dans l'enquête (1) au parlement anglais en 1848.

Un train express de 8 à 10 wagons peut, ont-ils dit, absorber 70 à 80 p. 100 de la puissance totale dans les ré-

(1) Voyez les Comptes-rendus de la Société des ingénieurs civils de Paris, en 1849.

sistances passives de la machine, tandis qu'avec un train de vitesse ordinaire, la perte ne dépasse pas 20 p. 100.

M. Locke a évité de se prononcer sur cette question; MM. Gooch et Brunel constatent d'abord que les résistances passives sont proportionnellement moindres dans les grandes machines que dans les petites à égalité de travail développé; puis ils citent trois expériences exécutées sur leurs grosses machines à voyageurs, où les résistances passives de la locomotive seule se sont élevées, peu avec la charge, mais considérablement avec la vitesse, laquelle a varié de 16 à 100 kilomètres. Dans le premier cas, les résistances passives de la machine ont été de 116 kilog.; dans le second, elles ont dépassé 498 kilog. Soit par tonne $3^k,62$ et $15^k,60$.

Les auteurs du *Guide du mécanicien* considèrent (570), comme nous l'avons fait, deux sortes de résistances passives : celle de la machine considérée comme véhicule, égalerait celle des wagons; la résistance additionnelle, due au frottement du mécanisme et aux réactions de la pression de la vapeur sur les divers organes, croîtrait proportionnellement à la charge remorquée; la somme de ces résistances égalerait 16 kilog. par tonne de l'appareil moteur (machine et tender) marchant à la vitesse de 45 kilom. à l'heure.

Ces 16 kilogrammes se décomposent ainsi qu'il suit :

| | |
|---|---|
| Résistance au mouvement *comme voiture* . . . . | $6^k,25$ |
| Frottement des organes mécaniques. . . . . . . | 5 ,75 |
| Réaction de la pression de vapeur. . . . . . . . . | 4 ,00 |
| | 16 ,00 |

Dans une machine marchant à la vitesse de 30 kilom., la résistance ne serait par tonne que de. . . 12 kilog.

Ces nombres sont intermédiaires entre les évaluations de MM. Lechâtelier et Mathieu ; ils ne contredisent d'ailleurs en rien les observations précédentes.

D'après les expériences de M. Poirée (1), les résistances passives, dans une locomotive à voyageurs de la force de 280 chevaux, auraient réduit le travail utile de remorquage à 249 chevaux. Elles auraient donc absorbé les 0,11 du travail total développé.

Enfin, selon Pambour, pour évaluer cette perte de puissance, il suffirait d'ajouter à la résistance de la machine, évaluée comme celle des wagons, une résistance de $0^k,5$ par tonne remorquée.

706. Au milieu de tant de résultats contradictoires émanés d'ingénieurs également dignes de confiance, nous ferons d'abord des vœux pour que des expériences complètes viennent enfin éclairer cette question ; et si, en les attendant, nous avons un choix à faire entre les évaluations qui précèdent, nous attacherons notre préférence aux évaluations de M. Lechâtelier, et nous la motiverons par les observations que voici :

1° Dans les circonstances ordinaires du service courant, il est impossible d'admettre que l'accouplement des roues, et l'entretien toujours plus grossier des machines à marchandises ne causent pas un très-notable frottement qui n'existe pas dans les machines à voyageurs, quoique leur vitesse soit plus grande.

2° Nous admettons d'autre part, comme ci-dessus, que les machines à grande vitesse éprouvent un très-fort frottement, mais par une autre cause que dans le cas

---

(1) Voyez le Mémoire sur la puissance des locomotives sur la ligne de Lyon (Comptes-rendus de la Société des ingénieurs civils de Paris, 1852).

précédent. Le mécanisme est plus simple et plus parfait, mais il y a des secousses d'une extrême violence qui réagissent sur la plupart des pièces du mécanisme.

3° En confondant les coefficients de M. Poirée pour la résistance des wagons, lesquels croissent avec la vitesse, et les évaluations de M. Lechâtelier, qui croissent, dans une mesure selon nous rationnelle, avec la complication du mécanisme. Nous croyons faire la part de toutes les circonstances.

4° Lesdites évaluations correspondent aux conditions moyennes; nous croyons qu'elles sont plutôt forcées que faibles; mais tant de circonstances accidentelles peuvent doubler et au delà les résistances normales sur les chemins de fer, qu'il faut se tenir plutôt au-dessus qu'au-dessous des résistances probables. Pour quelques cas où ces évaluations seront évidemment exagérées, il y en a beaucoup où elles donneront à peine au mécanicien la raison de la résistance qu'il rencontre à la marche.

Si l'on compare, d'après les évaluations du n° 703, la résistance à la traction des locomotives à celle des wagons on trouve qu'à poids égal la machine offre de 2 à 4 fois la résistance des wagons. Si l'on considère le poids total de chacun, on voit qu'une locomotive à voyageurs de 23 tonnes résiste autant que 6 à 7 wagons à voyageurs chargés, et qu'une locomotive à marchandises de 26 tonnes résiste autant que 7 à 8 wagons de marchandises, y compris leur chargement de 10 tonnes.

707. *Le travail utile des locomotives* (1) n'est, comme pour toute machine à vapeur, qu'une fraction du travail

(1) Voyez la Note sur le travail utile des locomotives, par M. Cadiat (Bulletin de la Société impériale d'encouragement, t. XLVIII et XLIX).

théorique développée sur les pistons à vapeur. Ce travail est très-variable sur le parcours accidenté des chemins de fer. (Voyez n°s 283 et suiv., 606 et suiv.)

Comme indication, nous dirons que les locomotives sont de très-puissantes machines à vapeur. Celles qu'on construit aujourd'hui pour les trains ordinaires à voyageurs ont environ une puissance nominale de 300 chevaux, dont la moitié à peu près est utilisée pour la traction des trains.

Dans les expériences de M. Poirée (705), la puissance nominale, d'après la pression moyenne constatée sur les pistons, a été en moyenne de 280 chevaux pour les machines, dont 158 ont été employés en effort de remorquage à une vitesse moyenne de 43 kilomètres : soit 0,57 le rapport de la puissance utile à la puissance développée sur le piston. Comptons en nombre rond 0,60 : c'est assurément le rapport le plus élevé qu'on puisse supposer avec prudence.

Ainsi, soit une locomotive dont la puissance motrice sur les pistons est déterminée : on comptera qu'elle développera en travail utile de traction de 0,50 à 0,60 de cette puissance, pourvu que la force adhérente égale au moins la résistance du train, tender et machines compris.

Soit au contraire à construire une locomotive devant fournir un certain travail sur une ligne donnée; ses pistons et son générateur de vapeur seront proportionnés pour une puissance motrice supérieure de 0,50 ou 0,40 en sus, destinée à être perdue dans les résistances passives du moteur lui-même.

## SECTION CINQUIÈME.

### CLASSIFICATION DES LOCOMOTIVES ET CONDITIONS GÉNÉRALES EXIGÉES PAR LEUR SERVICE.

708. Quel que soit leur système, on divise les locomotives en sept classes dans le service des chemins de fer, savoir :

Locomotives ordinaires à voyageurs;
Locomotives à grande vitesse;
Locomotives ordinaires à marchandises;
Locomotives mixtes;
Locomotives pour trains de banlieue et embranchements;
Locomotives pour le service spécial des gares;
Locomotives pour circonstances et service particuliers.

Ces machines ont différé jusqu'ici moins par leur système que par les dimensions respectives des organes. On voit leurs dimensions comparées dans les tableaux G et suivants du chapitre V. Nous allons nous borner ici à résumer ce qui caractérise chacune des sept classes qui viennent d'être énumérées.

709. *Les machines ordinaires à voyageurs* sont celles qui remorquent, à d'assez grandes vitesses, des charges médiocres sur une ligne où les rampes n'excèdent pas 5 millimètres par mètre. Elles desservent des trains omnibus s'arrêtant à toutes les stations de 10 en 10 minutes environ, et les trains directs, qui ne s'arrêtent que de 30 en 30 minutes aux stations principales; leurs dimensions se tiennent entre des limites modérées comparativement aux autres machines; si elles subissent relativement moins de fatigue, elles ont un travail éminemment variable; il est acquis par l'expérience des chemins de fer que leur charge remorquée peut, sur une même ligne,

varier suivant les jours, de 8 à 16 wagons, soit de 60 à 130 tonnes; d'où il suit que leur puissance motrice doit pouvoir être variée par l'emploi plus ou moins prolongé d'une détente variable.

Elles sont habituellement portées sur 3 paires de roues, dont celle du milieu seule est motrice. Elles sont presque toujours suivies d'un tender portant les caisses d'approvisionnement et d'outillage; exposées plus particulièrement aux regards du public et mises en tête de voitures toujours plus ou moins luxueuses, leur extérieur a besoin d'être soigné aussi, sans qu'il y ait lieu cependant de recommander ce luxe de cuivre et de peinture qui décorent les machines sur certaines lignes.

On peut résumer ainsi qu'il suit, d'après le tableau G du chapitre V, les proportions qu'on donne communément à cette classe de machines (figures 6 et 7).

| | |
|---|---|
| Charge remorquée, au plus. . . . . . . . . . | 130 tonnes. |
| Vitesse normale à l'heure. . . . . . . . . . . . | 40 kilom. |
| Vitesse forcée demandée accidentellement. . . | 60 kilom. |
| Travail effectif développé : | |
| En moyenne, en plaine. . . . . . | 150 chevaux. |
| Au plus, en rampe (de 5 millim.). | 250 chevaux. |
| Puissance adhérente, environ. . . . . . . . . | 2000 kilog. |
| Diamètre des roues motrices, de. . . . . . . . | 1m,68 à 1m,80 |
| Diamètre des roues de support, de. . . . . . | 1m,00 à 1m,20 |
| Diamètre des cylindres, de. . . . . . . . . . . | 0m,36 à 0m,38 |
| Course des pistons. . . . . . . . . . . . . . . . | 0m,56 |
| Surface de chauffe totale. . . . . . . . . . . . | 70mq à 100mq. |
| Poids total en marche. . . . . . . . . . . . . | 18 à 23 tonnes. |
| Charge sur les roues motrices . . . . . . . . . | 7 à 12 tonnes. |
| Contenance des caisses à eau. . . . . . . . . . | 5 mèt. cubes. |

710. *Les locomotives à grande vitesse* sont destinées à remorquer des trains qui ne dépassent guère le poids de 90 tonnes, sur les mêmes lignes que précédemment,

mais à des vitesses normales de 80 kilomètres à l'heure, qui peuvent s'élever accidentellement jusqu'à 100 kilomètres, soit par seconde de 22 à 27 mètres. Malgré leur faible charge elles demandent une puissance motrice d'environ 300 chevaux effectifs.

Les trains express s'arrêtent le moins possible en route; les arrêts sont très-courts, sauf à certaines stations où la convenance des voyageurs demandent un délai de 10 à 15 minutes. Leur service est généralement régulier, le nombre des wagons et la vitesse de marche uniformes, parce que tout est sacrifié dans l'exploitation au passage de ces trains de luxe.

Leurs machines sont comme les précédentes des appareils très-soignés.

Dans leurs dispositions fondamentales, voici ce qui les caractérise :

1° Grand diamètre des roues. On les a portées jusqu'à 3 mètres sur la large voie du Great-Western railway, et jusqu'à 2$^m$,30 sur la petite voie. On l'a réduit depuis à 2$^m$,45 sur la première et à 2$^m$,10 sur la seconde.

2° Un abaissement notable du centre de gravité joint à un large espacement des points d'appui sur la voie, afin d'assurer leur stabilité malgré les secousses.

3° La grande étendue des principales surfaces frottantes, particulièrement celle des fusées d'essieu dans leurs coussinets.

4° La facilité toute particulière que le mécanicien doit trouver pour inspecter sans cesse les organes, même en marche.

5° La puissance des moyens d'arrêt pour suspendre la marche au premier ordre donné.

6° Une rigidité du bâti, une solidité d'organe et

d'ajustage toute spéciale. Les essieux sont plus forts, leurs fusées plus longues, les bâtis sont très-fortement consolidés, les cylindres attachés avec une solidité à toute épreuve ; les roues, leurs jantes, moyeux et rayons très-forts, en un mot toutes les pièces doivent être, ainsi que l'appareil entier, en état de résister par leur force, leur rigidité et leur stabilité aux secousses provenant soit des inégalités de la voie, soit des actions perturbatrices développées dans le jeu du mécanisme. Or la violence de ces secousses croît avec la vitesse; aussi les machines des trains ordinaires à vitesse modérée sont-elles incapables de résister à la marche des trains express, encore bien qu'elles puissent effectuer quelque temps ce service.

7° Le parcours de ces trains entre deux stations étant toujours assez prolongé, il importe que leurs locomotives aient des appareils pour le graissage des parties frottantes, plus grands que de coutume et très-soignés dans leur installation.

8° Pour la même raison et à cause de la puissance de la machine, les caisses à eau du tender doivent être d'une vaste capacité. Il n'est guère possible de mettre ces caisses sur la machine.

9° Le peu de temps que doivent durer les arrêts aux stations exige, pour l'emplissage des caisses à eau, des appareils hydrauliques capables de fournir en deux à trois minutes les 5 ou 6 mètres cubes d'eau voulus.

Le tableau H du chapitre V réunit les dimensions comparées des principales machines jusqu'ici construites pour les trains express ou à grande vitesse. Voici en résumé leurs proportions ordinaires :

| | |
|---|---|
| Charges remorquées, de. . . . . . . . . . | 90 à 100 tonnes. |
| Vitesse de marche, de. . . . . . . . . . . | 80 à 100 kilom. |
| Travail effectif. . . . . . . . . . . . . . . | 270 à 340 chevaux. |
| Diamètre des roues motrices . . . . . . . | 2m,10 |
| Puissance adhérente, environ. . . . . . . | 1600 kilog. |
| Diamètre des roues libres. . . . . . . . . | 1m,10 à 1m,35 |
| Diamètre des pistons. . . . . . . . . . . | 0m,40 à 0m,42 |
| Course des pistons. . . . . . . . . . . . . | 0m,56 à 0m,60 |
| Surface totale de chauffe.. . . . . . . . . | 100mq à 110mq |
| Poids total en marche. . . . . . . . . . . | 25 à 27 tonnes. |
| Charge sur les roues motrices. . . . . . . | 9 à 11 tonnes. |
| Contenance de la caisse à eau. . . . . . . | 6 mèt. cubes. |

**711.** *Les locomotives ordinaires à marchandises* sont construites pour une vitesse de 30 kilomètres à l'heure et une très-forte puissance de traction et d'adhérence. En d'autres termes, elles ont de petites roues, de grandes surfaces et course de piston, et de très-vastes chaudières. On obtient d'elles une forte adhérence en couplant toutes leurs roues par des bielles, de façon à les rendre toutes motrices; le poids est alors également réparti sur elles, et leurs diamètres sont égaux.

Ce diamètre a été abaissé jusqu'à près de 1 mètre. On en a vu l'inconvénient (696). Aujourd'hui sa dimension moyenne varie entre 1m,40 et 1m,50 avec 0m,60 pour course de piston.

S'il convient d'écarter les essieux extrêmes des locomotives à voyageurs pour donner plus d'assiette et de stabilité à la machine, il faut au contraire rapprocher au maximum les roues de locomotives à marchandises, afin de ne pas éprouver trop de frottement dans les courbes, souvent à petit rayon, des voies de garage où elles sont obligées de faire des manœuvres pour composer des trains et remiser des wagons.

Les locomotives à marchandises ont besoin de très-

grands approvisionnements en eau, coke et matière à graisser, etc., faire les garnitures, ainsi que des agrès nécessaires pour remettre sur la voie les roues qui en sortent assez fréquemment. Dans le service des marchandises, il y a donc eu jusqu'ici nécessité de faire accompagner la machine par des tenders d'un poids énorme, mais qu'on pourrait soulager, en reportant tout ou partie de l'eau et des agrès sur le fourgon du chef-de train, qui est presque toujours à peu près vide, au point qu'on l'a souvent chargé de poids de fonte, dans le seul but de lui donner plus de stabilité et de rendre plus énergique le frein dont il est muni pour arrêter le train quand celui du tender n'y suffit pas.

Les machines à marchandises rarement sous les yeux du public dans les gares à voyageurs; les conditions de leur service rendent leur propreté plus difficile. C'est pourquoi on s'en tient rigoureusement dans leur fabrication à ce qui est exigé pour un bon service; leur ajustage et la symétrie du montage ne doivent rien laisser à désirer; mais tout ce qui est décoration, tout ce qui peut rendre l'entretien plus long pour le mécanicien, est au moins inutile.

712. Les locomotives à marchandises ont à subir aux stations des arrêts parfois très-prolongés, pendant lesquels il y a nécessité de faire dormir le foyer et d'alimenter la chaudière (voyez n° 625). Elles ont en outre à effectuer dans les gares des manœuvres qui nécessitent des conditions spéciales.

Pour faire dormir le feu sans l'étouffer, il faut que la cheminée soit munie d'un registre en forme de chapeau, clapet ou papillon dont il est parlé au n° 247, et fermant, non pas hermétiquement, mais de manière à

amortir la combustion sans l'éteindre entièrement; une valve fermant le cendrier et empêchant ainsi l'air d'entrer sous la grille remplit le même but, mais les barreaux s'échauffent souvent, au point de céder sous la pression du combustible.

Pour alimenter les chaudières pendant les longues stations, la locomotive porte une pompe mue par une petite machine à vapeur spéciale dite *petit-cheval* (231). Elle n'existe qu'assez rarement jusqu'ici en France; outre que son installation a souvent été défectueuse, c'est une de ces complications assez coûteuses devant lesquelles on recule quand elles ne sont pas absolument nécessaires.

Les précautions contre l'incendie sont particulièrement nécessaires sur les locomotives à marchandises à cause de la nature inflammable des produits transportés et des bâches goudronnées qui les recouvrent dans les wagons; mais surtout parce que dans leurs manœuvres pour remiser tout ou partie des trains, ces machines pénètrent jusqu'au centre des entrepôts. Elles doivent donc être munies des appareils prescrits pour arrêter les flammèches, et de cendriers retenant les fragments de braise incandescente qui tombent à travers la grille. La même prévoyance devrait proscrire les plaques tournantes en bois, les planchers et les traverses non couvertes dans les gares à marchandises partout où les locomotives en feu peuvent passer.

713. Les locomotives à marchandises ne sauraient être trop puissantes; leurs proportions n'ont donc pas d'autres limites que celles imposées par les conditions de la voie (655). On admet cependant deux classes de machines à marchandises : les unes conservent, relativement aux autres, des dimensions modérées; les autres sont de

véritables monstres, et nous les classerions parmi les machines exceptionnelles, si leur emploi sur les chemins de fer n'avait reçu une grande extension (fig. 8, 9, 13 et 14).

Le tableau I du chapitre V contient les principaux types de machines à marchandises sortis de divers ateliers. Voici en résumé les proportions des machines dites de force ordinaire et modérée dont le mérite, acquis par la pratique, assurera pendant longtemps encore l'emploi sur toutes les grandes lignes; les autres machines seront classées dans le tableau M.

| | |
|---|---|
| Charges remorquées, au plus. . . . . . . | 400 tonnes. |
| Vitesse de marche normale. . . . . . . . | 30 kilom. |
| Travail effectif en plaine. . . . . . . . . | 200 chevaux. |
| Travail en rampe de 5 millimètres. . . . | 420 chevaux. |
| Puissance adhérente, au moins. . . . . . | 3500 kilog. |
| Diamètre des roues motrices et couplées.. | 1m,50 |
| Diamètre des pistons. . . . . . . . . . . . | 0m,44 |
| Course des pistons. . . . . . . . . . . . . | 0m,60 |
| Surface totale de chauffe, au moins. . . | 110 mèt. carrés. |
| Poids total en marche.. . . . . . . . . . . | 26 à 28 tonnes. |
| Contenance de la caisse à eau. . . . . . . | 6 mèt. cubes. |

714. *Les locomotives mixtes* se distinguent de celles qui précèdent parce qu'elles réunissent presque la puissance des machines à marchandises à une célérité convenable pour le service des voyageurs. Elles servent à remorquer rapidement de fortes charges, tels que les trains de voyageurs sur fortes rampes, les trains de messagerie à grande vitesse, les lourds trains omnibus, les trains de toute nature en retard qu'il faut aider.

Leurs chaudières sont aussi grandes que possible, leurs organes grands et forts; elles ont toujours deux paires de grandes roues couplées de grand diamètre, ainsi qu'on le voit par le tableau J du chap. V. Celle que

M. Gouin a établie sur la ligne de Lyon peut être considérée comme un modèle.

Sont-ce les roues d'arrière ou celles d'avant qui doivent être couplées avec les roues motrices? Cette question a été examinée au n° 692.

Les grandes lignes ont ordinairement deux séries de machines mixtes, les unes à grand diamètre de roues pour remorquer même les trains express sur les sections où il existe des rampes rapides; exemple, sur la ligne de l'Est pour la section de Bar à Nancy, et sur la ligne de Lyon pour la section de Tonnerre à Dijon, où la traversée des montagnes a nécessité de très-fortes rampes.

La deuxième série de locomotives mixtes existe sur toutes les lignes, et c'est même le type exclusif de celles qui, ayant peu de commerce, transportent simultanément les voyageurs et les marchandises. Le diamètre des roues de ces machines est intermédiaire entre celui des machines à marchandises et à voyageurs, quand on ne leur donne pas le diamètre de celles-ci, ce qui diminue le nombre des types.

Comme ces machines ont besoin d'avoir beaucoup d'adhérence, on peut, sans craindre de les rendre trop lourdes, les charger de leurs caisses d'approvisionnement, sans leur atteler un tender proprement dit.

Exposées à presque toutes les chances d'arrêt prolongé des machines à marchandises, il leur faut comme à elles le moyen de faire dormir le feu et d'alimenter la chaudière dans les stations (712).

Le tableau J du chapitre V offre les dimensions comparées des principaux types de machines mixtes ordinaires. Voici le résumé de leurs proportions :

| | |
|---|---|
| Charge à remorquer, au moins. . . . . . | 250 tonnes. |
| Vitesse normale de marche. . . . . . . . | 40 kilom. |
| Travail effectif, environ. . . . . . . . . . | 300 chevaux. |
| Puissance adhérente, au moins. . . . . . | 3000 kilog. |
| Diamètre des roues motrices. . . . . . . . | $1^m,60$ à $1^m,80$ |
| Diamètre des roues de support. . . . . . | $1^m,00$ |
| Diamètre des cylindres. . . . . . . . . | $0^m,42$ à 0,45 |
| Course des pistons. . . . . . . . . . . . . | $0^m,56$ |
| Surface de chauffe, au moins. . . . . . . | 110 mèt. carrés. |
| Poids total en marche. . . . . . . . . . . | 25 à 27 tonnes. |
| Contenance des caisses à eau. . . . . . . . | 6 mèt. cubes. |

715. *Les locomotives pour trains de petites lignes et de banlieue* se distinguent en deux séries : les unes sont destinées à remorquer de très-légères charges sur les petits embranchements à peu près sans rampes, ou pour les trains de banlieue en hiver ; ce sont de petites locomotives à course rapide, c'est-à-dire munies de roues motrices de $1^m,70$ environ avec petits pistons et faible chaudière.

Dans l'autre série, les locomotives sont destinées à remorquer des trains de banlieue excessivement chargés en été, ou à desservir des embranchements où il existe de fortes rampes ; elles sont alors très-puissantes, leurs chaudières et pistons sont au moins égaux à ceux des plus fortes locomotives ordinaires à voyageurs.

Ces machines ne sont généralement pas accompagnées de tenders ; la faible étendue de leur parcours permet de réduire les approvisionnements qu'elles portent, de sorte que leur poids n'excède pas les limites voulues.

C'est pour ce genre de service qu'ont été faites en Angleterre les premiers *tank-engines* ; c'est là où elles sont éminemment rationnelles.

La première a été construite, dit-on, par Sharp, en 1847, pour le railway de Birmingham à Manchester. Elle avait 160 tubes dans sa chaudière et pesait 21 tonnes ;

ses roues, de $2^m,04$, lui permettaient de remorquer les trains express. Dès l'année suivante, toutes les lignes anglaises avaient transformé une partie de leurs machines en tank-engines pour desservir la banlieue de Londres. Il n'y a guère que trois ou quatre ans que ce système s'est généralisé en France. C'est sur les lignes de Saint-Germain et Auteuil qu'on peut le mieux l'étudier à cause des nombreux types qu'on y rencontre.

716. Pour ce genre de machines, M. Clarkes (mémoire cité au n° 656) a formulé les règles suivantes pour leurs dispositions générales :

1° Si elles ne pèsent pas plus de 12 tonnes, il y a avantage à les faire porter sur 4 roues, couplées ou non, même pour le service à grande vitesse, surtout si la voie a des courbes prononcées (moins de 600 mètres).

2° Le faible rayon des courbes peut encore motiver sur les lignes en question les machines à 4 roues, de plus de 12 tonnes; mais alors, dit M. Clarkes, leur vitesse ne doit pas excéder 32 kilomètres à l'heure, et voilà leur meilleure disposition : si les paires de roues ne sont pas couplées, mettez la boîte à feu en porte-à-faux, faites-la légère, allongez les corps cylindriques. Si les roues sont couplées, l'un des essieux peut être en arrière du foyer, mais donnez alors au corps cylindrique une longueur de $2^m,74$ à $3^m,04$.

On voit, au tableau K du chapitre V, une réunion de tank-engines de banlieue et petites lignes. Celles des chemins de fer de Saint-Germain et d'Auteuil résument, à notre avis, ce qui a été fait de mieux en ce genre comme petites machines d'hiver et puissantes locomotives d'été.

Ce qui doit caractériser essentiellement les machines

de ces deux séries est la possibilité de les faire monter vite en pression, de les atteler indistinctement par l'arrière ou par l'avant, et de les pourvoir des appareils propres à faire dormir le feu (207) pendant les arrêts assez prolongés que leur impose ordinairement le règlement du service; arrêts trop courts pour permettre de jeter le feu, mais trop longs pour abandonner la machine à son état ordinaire de marche.

717. *Les machines de gares* sont des petites locomotives destinées à opérer, dans les grandes stations de chemins de fer et dans les entrepôts, les manœuvres de wagons, que des hommes de peine pratiquent à bras dans les stations moins importantes. Voici les conditions générales qui les caractérisent :

1° Ce sont des machines à faible vitesse, mais susceptibles d'une grande puissance de traction, et réduites au moindre poids possible, afin de pouvoir passer sur les voies de garage et des remises qui, n'étant destinées qu'à des wagons, sont souvent moins consolidées que la voie principale.

2° Elles portent nécessairement leur eau et leurs autres approvisionnements (664 et suiv.); leur outillage est facilement réduit par les ressources ordinaires que fournit la gare et peut-être le voisinage des ateliers. En tous cas, la condition capitale est que la machine puisse *passer partout* sans qu'on ait de tenders à dételer. Ici encore les *tank-engines* sont rationnels et même de rigueur.

3° Toutes leurs roues sont couplées, et leur écartement extrême doit être limité de manière à ce que la machine puisse être tournée sur *toutes les plaques tournantes* de la gare, comme les wagons.

4° Les appareils nécessaires pour faire dormir le feu et

empêcher la sortie des flammèches pouvant mettre le feu dans les entrepôts où il faut pénétrer ; un *petit-cheval* ou une pompe à main (625) pour alimenter la chaudière à volonté pendant les arrêts ; des cuvettes et robinets de vidange pour entretenir la propreté de la chaudière, nécessairement en feu pendant plusieurs jours continus ; la facilité d'inspecter et soigner le mécanisme sans avoir besoin de conduire l'appareil au-dessus d'une *fosse ;* telles sont encore les conditions essentielles à une locomotive de gare sous peine de manquer son but.

Le tableau L du chapitre V contient les dimensions comparées de diverses machines de gares ; nous croyons que c'est une des machines où il reste le plus encore à étudier pour la rendre propre à sa destination spéciale. Jusqu'ici elle est trop lourde, trop peu maniable, trop compliquée, et le mécanisme est peu abordable. Un jour certainement son emploi se généralisera, non-seulement sur les chemins de fer, mais dans toutes sortes de grands entrepôts, sur les ports, etc., où elle permettra d'apporter de notables économies dans les frais de manutention, aujourd'hui si coûteux pour le commerce. S'il est vrai qu'un jour des voies de chemins de fer apportent, jusque dans le centre des villes, les marchandises encombrantes, ce sera à l'aide de ces puissantes locomotives à très-petite vitesse dont l'avenir appelle, disons-nous, de grandes études.

718. Les locomotives que nous appelons *exceptionnelles* sont celles qui sortent tout à fait des conditions habituelles de l'exploitation des chemins de fer. Telles sont les machines qui desservent des voies d'une largeur autre que celles des chemins de fer ordinaires, ou qui servent à monter des rampes d'une inclinaison inusitée. Ces der-

nières n'étaient guère jusqu'ici que des tours de force; mais elles commencent à se généraliser sur toutes les voies ordinaires pour les trains de marchandises.

Dans la même classe, nous rangeons aussi ces locomotives, souvent restées seules en leur genre, qu'on doit regarder comme des essais de solution de tel ou tel problème, et qui ont au moins un intérêt historique.

Parmi ces machines, les unes ne diffèrent des locomotives ordinaires que par la dimension, beaucoup plus grande, de la chaudière et des organes. Les autres, quoique identiques aux premières par le fond du système, ont au contraire des dispositions toutes spéciales.

Le tableau M du chapitre V donne les dimensions comparées des unes et des autres.

La légende et les notes jointes à ce tableau indiqueront leur but et le service qu'elles ont effectué.

## SECTION SIXIÈME.

### CONDUITE DES LOCOMOTIVES.

#### § 1. — Des personnes employées à la conduite.

719. Bien que la conduite des locomotives soit basée sur les mêmes principes généraux que celle des autres machines à vapeur (233, 338, 551), elle exige du mécanicien une aptitude et une attention toutes spéciales à cause de la vitesse, de la multiplicité des manœuvres à effectuer avec autant de précision que de promptitude, de la délicatesse de la machine réduite dans ses principaux organes aux plus faibles dimensions possibles, de la gravité des accidents qui surviennent avec une instantanéité qui ne laisse pas le temps de se reconnaître.

Ajoutons qu'à la différence des conducteurs de machines fixes ou marines, qui n'ont guère qu'à exécuter des ordres transmis, le mécanicien d'une locomotive, seul sur sa machine, presque sans contrôle et sans conseils aux instants difficiles, est par là même chargé d'une grande responsabilité.

720. Les locomotives actuelles ont besoin de deux hommes pour la conduite : un mécanicien et un aide nommé chauffeur (art. 18 et 74 de l'ordonnance de 1846 sur les chemins de fer). Le service de la *traction* emploie en outre une ou plusieurs personnes chargées de soigner les roues, boîtes à graisse et attelages des trains. L'influence de ces appareils sur le travail du remorqueur est trop directe pour que l'ingénieur du service de remorquage ne prenne pas sous sa direction cette partie des véhicules.

Le *mécanicien* est chargé, à proprement parler, de la conduite; il opère les manœuvres de la machine, il donne avec le sifflet à vapeur les signaux prescrits, il veille à l'entretien de la machine, il est responsable de sa propreté, il y fait en route et dans les stations les réparations urgentes qui ne demandent pas le secours des ateliers; il est ouvrier monteur; l'isolement de toute assistance des ingénieurs en route exige qu'il soit homme d'action et d'initiative, plus instruit, plus expérimenté qu'un mécanicien ordinaire dans les usines, plein de sang-froid, doué d'une bonne vue, robuste et courageux.

Un mécanicien n'est généralement pas admis à conduire sans avoir fait environ deux ans de noviciat. On en verra ci-après les conditions. (Voyez aussi n[os] 359 et suiv.)

Le *chauffeur* charge le combustible dans le foyer sur

l'ordre du mécanicien ; sur cet ordre aussi, il manœuvre le frein, il *pique* la grille (243), il graisse les articulations dans la machine, il la nettoie, et il aide généralement dans toutes ses opérations le mécanicien, dont il n'est pas l'homme de peine, mais l'apprenti faisant son noviciat.

Les *graisseurs et visiteurs* font à chaque arrêt l'examen des roues, des ressorts d'attelage ou de suspension et des tampons de choc, pour s'assurer qu'ils sont dans l'état voulu (nos 577 et suivants) ; ils examinent chaque boîte à graisse, refroidissent à coups d'arrosoir les fusées qui ont chauffé dans le frottement, nettoient les boîtes à graisse, remplissent leurs réservoirs, prennent note de tout ce qui s'est présenté d'anormal dans le voyage ; ils notent aussi les heures précises d'arrivée aux stations et les heures de départ, les retards, les avances, les accidents de toutes sortes, les poteaux kilométriques près desquels la voie est mauvaise. Ils dressent de tout un rapport : ils doivent savoir lire et écrire couramment, bien connaître le service et le matériel des chemins de fer.

**721**. *La place* des graisseurs et visiteurs est dans un wagon où un compartiment spécial leur est réservé ; mais ils doivent être proprement vêtus, afin de pouvoir se placer dans tout wagon dont la marche peut avoir besoin d'être examinée par eux.

La place du mécanicien et du chauffeur est sur la *plate-forme* installée à l'arrière du foyer de la machine.

Il faut éviter de se placer devant le levier de relevage, qui peut se déclancher et frapper dangereusement en pleine poitrine, non plus que devant la porte du foyer ouvert, d'où la flamme et les gaz peuvent s'échapper instantanément ; il faut se tenir debout, ferme et carrément, mais sans roideur dans les genoux et les jarrets,

sinon on éprouve bientôt une extrême fatigue ; il faut éviter enfin de se tenir un pied sur la machine et l'autre sur le tender, car ceux-ci venant à se séparer par la rupture des attelages, les exemples n'en sont pas rares, on serait broyé sous les roues en tombant. Le mécanicien ne doit quitter la plate-forme pour circuler autour de la machine que dans le cas d'absolue nécessité, s'il est d'ailleurs sûr de lui et sans dédaigner les précautions ; à plus forte raison doit-il craindre d'en charger son chauffeur, aide, élève ou compagnon moins habitué que lui.

Il leur est absolument interdit de descendre ou monter quand la machine marche, si ce n'est à de faibles vitesses et s'il y a nécessité.

Pour faciliter la visite, absolument nécessaire en marche, nos machines françaises sont, à l'imitation de *la Gauloise*, première locomotive de M. Cavé, pourvues tout autour d'une large plate-bande où, grâce aux mains-courantes disposées sur la chaudière, on peut circuler presque sans danger. Il faut cependant recommander aux novices de ne pas s'y promener avant d'être sûrs d'eux.

Quelque pénible qu'il soit d'être sur une locomotive en cas de mauvais temps, on a dû, sur la demande même des mécaniciens gênés dans leurs manœuvres, renoncer à tout autre abri que celui qui résulte naturellement de la présence du garde-corps en tôle pleine, dont la plate-forme est entourée, et de la boîte à feu, qu'on peut surmonter d'un écran atteignant la hauteur du col au plus. (Voyez n° 673.)

722. L'*hygiène* des employés de chemin de fer offre quelques particularités importantes concernant le vêtement et la nourriture.

Le *vêtement* des mécaniciens et chauffeurs doit être chaud, imperméable, enveloppant bien le corps, principalement la poitrine. Le plus commode, comme le plus durable, consiste en une veste ou habit dit de chasse, en fort velours à côtes, de couleur brune ou grise, avec un pantalon assez large, de même étoffe. Pour les conserver propres, on les recouvre en service d'une cotte et d'un bourgeron de toile. Quand il pleut on s'enveloppe dans un long et étroit caban de drap épais, imperméable, doublé ordinairement en peau, croisant et boutonnant bien du haut jusqu'en bas, muni enfin d'un capuchon pour protéger la tête. Celle-ci est coiffée d'une chaude casquette qui en prend la forme, comme le col et les oreilles, et s'attache sous le menton, de manière que le vent ne l'enlève pas. Tel est le seul ensemble de vêtements qu'on puisse recommander. Le caoutchouc, imperméable sans doute, se coupe, se dissout par la moindre tache d'huile et n'est d'aucune durée. Ce serait rendre un grand service aux chemins de fer que d'imaginer quelque étoffe solide, durable, chaude, vraiment imperméable et *d'un prix modéré.*

Éviter, même dans les chaudes journées d'été, les vêtements trop légers et trop ouverts; supportables peut-être dans les temps d'arrêt, ils deviendraient impuissants à protéger contre le refroidissement de température qui accompagne toujours plus ou moins la marche.

La *nourriture* des mécaniciens et chauffeurs de locomotives doit être substantielle, tonique et même un peu excitante. Si l'usage modéré des boissons chaudes et spiritueuses leur est, jusqu'à un certain point, recommandé, combien doivent-ils en redouter l'excès s'ils songent à leur responsabilité et à la confiance qui met en

leurs seules mains la sécurité du train et la vie de plusieurs centaines de voyageurs ?

Quant *aux maladies* spéciales auxquelles expose le service des chemins de fer, on ne peut guère nommer que les rhumatismes, faciles à prévenir par les soins apportés dans le vêtement contre l'humidité et le refroidissement, ainsi que l'inflammation des yeux par suite du vent, des escarbilles lancées hors du tender ou par la cheminée, et de la poussière soulevée de la voie ; celle-ci est parfois si incommode, notamment dans les parties de voie balastées avec du grès fin, et dans la conduite à deux machines pour le mécanicien qui marche le second, qu'on ne saurait alors trop recommander l'usage de ces lunettes entourées de toile métallique, bien connues sur les chemins de fer et chez les opticiens.

723. Outre les mécanicien, chauffeur, graisseurs et visiteurs, tout train est accompagné par un certain nombre d'employés. Il importe donc que *la hiérarchie* soit bien précisée. (Voyez n° 361.)

La loi de 1846 se borne à prescrire que lorsque deux machines remorquent un train, la première doit régler la marche (art. 20), et que le *chef de train* a autorité sur tous les employés qui accompagnent avec lui le convoi. L'usage des chemins de fer est que le mécanicien lui soit soumis comme tous les autres dans tout ce qui touche le service, mais non dans ce qui regarde le maniement de la machine. Ainsi le chef de train donne au mécanicien l'ordre de partir, de faire halte, de précipiter sa marche, de la ralentir, de prolonger ou raccourcir les temps d'arrêt ; ce sont des ordres auxquels le mécanicien doit se conformer. Mais on lui commande ou on lui défend d'alimenter sa chaudière, de jeter son feu, de

conduire d'une certaine manière, de détendre sa vapeur, etc. ; ce sont des ordres auxquels il est impossible au mécanicien, seul compétent, de se conformer. Ce peuvent être de bons avis, mais rien autre chose.

Rien n'est donc plus délicat dans la pratique que ces rapports du mécanicien et des chefs de train ou chefs de gares. Quant à ces derniers, la même obéissance qu'aux premiers leur est due, mais il serait à propos que leurs ordres passassent toujours par l'intermédiaire du chef de train. Quels que soient les ordres que reçoit le mécanicien de l'un de ces deux chefs, le plus sage est de s'y soumettre, après s'être borné à faire, avec calme et politesse, ses observations sur l'inconvénient des ordres donnés, sauf ensuite à faire son rapport à ses propres chefs. Il va, toutefois, sans dire que la désobéissance est pour lui un devoir quand les ordres qu'on lui donne peuvent amener des accidents.

### § II. — Connaissance des règlements.

724. Le service actif des chemins de fer est réglementé par :

Les lois du 15 juillet 1845, sur la police des chemins de fer ;

L'ordonnance royale du 15 novembre 1846 ;

Les ordonnances générales et spéciales de police ;

Le cahier des charges de la compagnie ;

Divers règlements et circulaires ministériels ;

Les ordres de service des ingénieurs en chef et directeurs d'exploitation.

Bien qu'un axiome de droit dise que personne n'est censé ignorer la loi, en fait il serait dérisoire de deman-

der aux employés à la conduite des trains de connaître toutes ces prescriptions, bien qu'un grand nombre d'entre elles règlent leurs devoirs.

Mais il existe sur tout chemin de fer un règlement des mécaniciens, chauffeurs, graisseurs, visiteurs, chefs de train, etc., que chacun doit porter sur soi et connaître sans que jamais l'ignorance en soit excusable. Les prescriptions principales des lois, ordonnances et règlements généraux y sont relatées et expliquées. L'ordonnance de 1846 exige même (art. 78) que, outre les prescriptions particulières de la compagnie à ses employés, ce règlement contienne un extrait textuel de la loi du 15 juillet 1845 et de ladite ordonnance de 1846.

725. Il importe d'examiner ici quelques-unes de ces prescriptions qui ont une grande gravité.

L'art. 39 de l'ordonnance de 1846 interdit au mécanicien de laisser monter personne sur la machine sans autorisation du directeur ou de l'ingénieur de la ligne. Les ingénieurs des mines et des ponts et chaussées, ainsi que les commissaires spéciaux de police, y sont admis de droit (1), ainsi que les ingénieurs de la compagnie; mais ils doivent être munis de leur carte d'autorisation pour se faire reconnaître; cette prescription est une des plus sévères du service; le règlement des compagnies y ajoute la défense de parler aux personnes présentes sur la machine et de détourner l'attention qu'on doit continuellement à la voie et à la machine.

---

(1) La surveillance du gouvernement sur les chemins de fer s'exerce par un ingénieur des ponts et chaussées pour la voie, un ingénieur des mines pour le matériel, et les inspecteurs ou commissaires de surveillance administrative. Art. 51, 55 et 56 de l'ordonnance de 1846.

Quelque périlleux que puisse être le poste du mécanicien et de son chauffeur sur la machine, jamais ils ne peuvent l'abandonner; l'art. 20 de la loi du 15 juillet 1845 punit le simple abandon du poste pendant la marche par un emprisonnement de 6 à 24 mois; nous ne croyons cependant pas qu'ils soient punissables quand, après avoir fait tout ce que la science et la prudence prescrivent pour conjurer un sinistre, ils échappent à une mort certaine, et inutile pour les voyageurs, en sautant en bas de leur machine.

L'art. 36 de l'ordonnance de 1846 recommande au mécanicien de surveiller sans cesse l'état de la voie ou de la machine, et d'obéir ponctuellement aux signaux de ralentissement ou d'arrêt qu'on lui fait. L'art. 16 exige de lui, comme de la compagnie, que la machine soit bien entretenue et pourvue de ses appareils de sûreté; parmi ces derniers, l'art. 11 de l'ordonnance nomme particulièrement les appareils contre la sortie des flammèches qui pourraient incendier; les règlements de la compagnie et les circulaires ministérielles y ajoutent la défense de forcer la vapeur, de surcharger les soupapes de sûreté (224), de négliger de tenir en état le manomètre (218) ou le tube-jauge (215).

Il répond des accidents provenant de son inattention et de ses manœuvres; aussi est-il seul maître sur sa machine, et ses chefs eux-mêmes lui laissent à cet égard sa pleine liberté.

Quant à l'entrée en gare, l'ordonnance de 1846, art. 37, exige que la machine soit complétement arrêtée avant d'atteindre la station, de manière à ce qu'il soit besoin de rouvrir le régulateur pour arriver au bout du quai : il a toujours été entendu que cette prescription ne s'ap-

pliquait qu'aux gares dites de fin de ligne, où la locomotive ne pourrait arriver au bout sans heurter.

726. Toutes ces prescriptions sont fort sérieuses, car la loi du 15 juillet 1845, art. 21, punit toute contravention aux lois et règlements par une amende de 16 à 300 francs, qui, en cas de récidive, s'élève au double, plus un emprisonnement de 3 à 30 jours, et cela, même quand il n'y a pas eu d'accidents.

Quand il y a eu accident, l'article 19 punit la négligence, l'inattention ou l'imprudence par un emprisonnement de 8 jours à 6 mois, plus une amende de 50 à 1000 francs, quand il n'y a eu que des blessures; s'il y a eu des victimes tuées, la prison est de 6 mois à 5 ans, et l'amende de 300 francs à 3000 francs.

Si l'accident a été volontaire, la peine sera la condamnation à mort en cas de victimes tuées, les travaux forcés s'il n'y a eu que des blessures et la réclusion dans les autres cas (Art. 16).

Mais la même loi, qui a dû punir si sévèrement les accidents, a protégé aussi les attaques contre les employés de chemins de fer dans l'exercice de leurs fonctions, en les punissant comme crime de rébellion par les peines portées au Code pénal.

### § III. — Connaissance de la voie et du service.

727. *Connaître la voie* d'un chemin de fer, c'est savoir où sont :

1° Les stations et points de la ligne où il faut arrêter ;

2° Les rampes à gravir, les pentes à descendre et les paliers, afin de ménager en conséquence la force de la machine ;

3° Les voûtes, viaducs, remblais, courbes, croisements de voies, passages à niveau des routes, en un mot, tous les points de la ligne qui appellent spécialement l'attention du mécanicien ;

Connaître la voie, c'est encore savoir la signification des signaux qui s'y donnent par drapeaux, lanternes, disques, sons de cloches, coups de cornet et de sifflet, poteaux indicateurs, etc.

Quant à la connaissance des mouvements de terrains tels que courbes, rampes et remblais, le meilleur moyen est de les étudier sur les cartes de tracés.

Sur la plupart des lignes de France et d'Angleterre, les mouvements de terrain sont indiqués à l'aide de poteaux d'une forme spéciale, parlant en quelque sorte aux yeux, visibles de loin et placés de distance en distance le long de la voie ; car il faut que le mécanicien connaisse toujours d'avance l'état du terrain qu'il doit parcourir, afin de préparer sa locomotive au surcroît de force qu'il devra procurer, ou à l'économie de force qu'il pourra ménager.

728. L'administration du chemin de fer fournit à ses employés tous les renseignements à l'égard des signaux. Ils offrent d'assez notables différences sur les diverses lignes. Mais ils sont toujours de quatre espèces, savoir : Signaux d'arrêt, de ralentissement, de libre voie et d'annonce.

Les premiers exigent immédiatement l'arrêt rapide du train ;

Les seconds demandent un ralentissement très-sensible de la marche : l'article 37 de l'ordonnance de 1846 l'exige particulièrement aux croisements de lignes, et il faut même que le ralentissement soit tel qu'on puisse de

suite arrêter le train par le serrage des freins en cas de besoin;

Les signaux de voie libre avertissent que le train peut en sûreté continuer son allure;

Les signaux d'annonce appellent l'attention des employés sur un fait exceptionnel dont ils ont besoin d'être avertis, comme, par exemple, le passage d'un train extraordinaire ou la présence d'un train voisin.

Parmi les signaux, les uns sont donnés par le mécanicien, les autres le sont, pour l'avertir lui-même, par les employés de la voie : ce sont ces derniers surtout qui varient d'une ligne à l'autre, sinon dans leur signification, du moins dans leur forme. Il importe donc que le mécanicien lise attentivement les instructions qui sont rédigées dans ce but. Quant aux signaux donnés par le mécanicien, ils ont lieu presque tous par le sifflet à vapeur qui existe sur la machine : l'article 38 de l'ordonde 1846 et tous les règlements exigent que le mécanicien siffle à l'approche des stations, des passages à niveaux principaux, à l'entrée et à la sortie des souterrains et des tranchées en courbe; enfin, quand la voie n'est pas libre ou qu'une personne s'y promène.

Plusieurs règlements exigent en outre, sans que la loi l'ait prescrit, que le mécanicien siffle pour appeler les *gardes-lignes* qui ne sont pas à leur poste et à la rencontre des trains qui se croisent. Cette dernière prescription, tout à fait inutile, est fort désagréable pour les voyageurs : la première a bien souvent causé la mort des gardes-lignes qui, sortant tout endormis de leurs guérites, où ils se sont laissé gagner par le sommeil, ont été pris sur la voie par le train arrivé sur eux à l'improviste. Le mécanicien ne doit donc siffler que de loin pour appeler

le garde-ligne, afin de lui donner le temps d'être à son poste.

En général, c'est une grande faute que d'abuser des signaux et de les multiplier sans véritable nécessité. Les employés s'habituent à ne plus y attacher l'importance qu'ils méritent, quoique l'article 27 de l'ordonnance de 1846 leur ait enjoint d'y obéir sans s'inquiéter de leur opportunité.

729. *Dans le service*, le conducteur doit connaître trois choses :

1° Les stations où il devra s'arrêter, afin de ménager sa vapeur, fermer à temps le régulateur, et manœuvrer utilement les freins, de manière à parvenir à la station sans secousses et sans la dépasser, ce qui est puni d'une amende, peu considérable il est vrai;

2° L'espace compris entre les stations et l'heure à laquelle il faut y arriver, afin de régler convenablement la marche, de manière à arriver sans avance ni retard et sans excéder une vitesse raisonnable;

3° Le poteau kilométrique ou bien la station où les trains doivent se croiser, se joindre ou s'éviter en se garant.

Ces deux derniers points sont réglés par le *livret ou tableau de la marche des trains* que l'administration remet au mécanicien.

Il serait bien à désirer, dans l'intérêt de la sécurité, que le service des chemins de fer une fois établi ne fût plus changé. Peu à peu, chaque employé, depuis le chef de gare et le mécanicien jusqu'au dernier garde-ligne, le posséderait par cœur, et la moindre perturbation éveillerait la prudence de tous les employés à la fois. Il est à remarquer que c'est en général au début d'un nouveau

service qu'il y a ces confusions, desquelles résultent les rencontres de trains. Comment veut-on que tous les employés puissent, dès les premiers jours, posséder dans leur tête un service d'une centaine de trains, peut-être, qui se croisent et peuvent se rattraper avec des vitesses différentes?

Avant d'arriver au service définitif, il est évident qu'il faut tâtonner en modifiant l'organisation des trains suivant les convenances légitimes de localités. Qu'avant d'arrêter ce service, on combine longtemps, qu'on consulte les chefs de gares et les principaux intéressés, c'est le devoir des directeurs de l'exploitation; mais une fois qu'il existe un service satisfaisant les diverses exigences dans une juste mesure, qu'on ne le change plus; qu'on s'assure que les employés le possèdent bien dans la mémoire; et que, tout au plus dans la *morte-saison*, on se contente de supprimer quelques trains sans modifier la marche des autres.

La preuve que notre vœu n'offre rien d'impossible, c'est qu'il s'est réalisé en France et à l'étranger sur quelques-unes des lignes les plus fréquentées.

Dans l'organisation des trains, on combine d'abord la marche de ceux dits express ou à grande vitesse : c'est pour eux que la voie doit être toujours libre; l'impétuosité de leur course, la promptitude avec laquelle ils atteignent les obstacles qui leur barrent le passage, les rendent plus redoutables que les autres, et comme la nature même de ce service exige qu'ils atteignent leur but sans retard, c'est à eux qu'il faut sacrifier la marche des autres trains.

Une fois la marche des trains express organisée, on combine celle des convois de voyageurs à vitesse ordi-

naire, puis le service des trains de marchandises que l'on sacrifie aux autres et que l'on gare dans les stations sur des voies détournées, de manière à ce que les trains rapides aient toujours devant eux une voie libre où ils puissent sans danger s'élancer en vitesse.

§ IV. — Conduite et manœuvres.

730. Avant d'employer une locomotive neuve ou sortant de subir des réparations considérables dans ses organes fondamentaux, les règlements administratifs veulent que ces machines aient été vues, essayées et reçues par l'ingénieur des mines chargé dans l'arrondissement de l'inspection des chemins de fer. On écrit soit à lui-même, soit au préfet de police. On prend rendez-vous avec l'ingénieur; on allume la machine, on la tient prête pour le moment de son arrivée, et on fait faire à la machine un voyage d'essai sur 15 ou 20 kilomètres de parcours au moins, sans remorquer bien entendu aucun train de voyageurs.

Après s'être assuré que la machine est bien construite, susceptible de fonctionner régulièrement et garnie de tous les accessoires requis par les règlements, l'ingénieur fait délivrer le permis de service. Dès lors elle appartient au matériel de la compagnie; elle reste cependant soumise à l'inspection de l'ingénieur des mines, qui peut la condamner dès qu'elle n'offre plus de sécurité. Elle est alors placée comme sous séquestre, et la compagnie ne peut la faire servir d'aucune manière, jusqu'à ce que de nouveaux essais et une nouvelle autorisation aient fait lever l'interdiction.

730 *bis*. La *préparation préliminaire* du mécanicien,

c'est-à-dire la visite de la machine, l'essai avant le service, les garnitures, la purge des cylindres et le graissage dont il est parlé au chapitre IV du premier volume, demandent pour les locomotives un soin particulier; car il n'est guère possible de prévenir en marche les conséquences d'une préparation insuffisante, et il faut attendre la prochaine station ou arrêter en route, ce qui ne doit avoir lieu qu'en cas d'absolue nécessité.

Il reste d'ailleurs peu de chose à ajouter aux règles générales exposées dans la première partie sur le gouvernement des machines et chaudières à vapeur (233 et suiv., 312 et suiv.).

*L'emplissage* de la chaudière (233) se fait par une chute d'eau élevée ou par une pompe, dont le tuyau s'adapte au bout de l'un des robinets dits de vidange (223) qui existent au bas de la boîte à feu, et qu'on ferme lorsque les indicateurs de niveau accusent une couche d'eau d'environ 15 centimètres au-dessus du ciel du foyer.

*L'allumage* se fait après les précautions indiquées au n° 235, en présentant sous la grille une torche de résine qui enflamme les fagots de menu bois placés dans le fond du foyer, comme il est dit au n° 234; on donne à ces fagots 0m,50 de long sur 0m,25 de diamètre. Quand le bois dont ils se composent n'est pas trop menu, il suffit de cinq ou six fagots pour bien allumer une locomotive ordinaire.

Il existe dans les grands dépôts de machines sur les chemins de fer un autre système plus rapide d'allumage; il consiste à prendre, dans un four construit dans ce but, du combustible embrasé dont on remplit à moitié le foyer de la machine à allumer. On remplit le reste du foyer par petites charges successives de combustible froid. Ce four devrait

être construit dans la remise des machines où, non-seulement pendant l'hiver, mais aussi pendant les nuits d'une notable partie de l'année, on est dans l'usage d'allumer du feu, soit pour le bien-être des mécaniciens, soit pour ne pas laisser dans les remises une humidité nuisible aux machines dont elle rouille les parties polies.

Ce foyer pourrait être surmonté d'une petite chaudière, dont la vapeur, arrivant par un tube à la base de la cheminée de la locomotive qu'on allume, y déterminerait de suite un rapide tirage capable de la faire monter très-vite en pression.

Une fois la machine allumée, il ne reste plus qu'à entretenir le feu dans le foyer et à lui donner les soins indiqués au n° 234.

Quant aux garnitures et au graissage, nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit sur ce sujet au chap. IV de la première partie.

731. Dès que la machine est suffisamment en pression, il faut se hâter de la promener *pour l'essayer* (337) et pour faire jouer ses pompes alimentaires, si elles sont solidaires avec la machine et qu'il n'y ait ni *petit-cheval* (231) ni autre appareil (625) pour envoyer l'eau dans la chaudière. A cet effet, on réserve une voie spéciale longue de 500 mètres au moins, sur laquelle on promène la machine pendant quelques minutes ; ou bien il existe sur une des voies un appareil consistant en deux galets mobiles, montés sur un essieu et dont le cercle de roulement vient affleurer les rails. On y conduit les roues motrices, on cale les roues de support, on ouvre doucement le régulateur, les roues motrices mordent sur les galets, elles tournent et le mécanisme joue, sans que la locomotive se déplace.

Pendant cet essai, on ouvre les robinets purgeurs des cylindres, et on s'assure que tout est régulier dans la machine.

Bien que la préparation de la machine se fasse ordinairement par les employés *du dépôt* (766) on ne saurait trop recommander au mécanicien de venir lui-même en examiner l'état avant l'heure du départ, se souvenant du proverbe : Il n'est pour voir que l'œil du maître.

732. *Aussitôt rendu au dépôt*, le mécanicien prend connaissance des ordres de service, ne pouvant jamais prétendre les ignorer dès qu'ils ont été affichés en leur lieu ordinaire : il vérifie l'état de ses approvisionnements et des agrès de toute nature ; il graisse toutes les articulations et parties frottantes, et il vérifie l'état des différents clavetages, ainsi qu'il est expliqué au chapitre IV du premier volume.

A l'heure prescrite, il va se mettre en tête du train. Dans le trajet, pour s'y rendre, il inspecte le jeu du mécanisme et ouvre les purgeurs, mais après quelques tours de roues seulement, afin que le suif versé dans les cylindres ait le temps de les lubrifier et ne soit pas évacué par les purgeurs.

En approchant de la gare, il ralentit sa marche, attend pour venir s'atteler au train qu'on lui en donne le signal ; il s'y rend très-lentement, le chauffeur étant prêt à tourner le frein au premier ordre.

Une fois en tête du train, le mécanicien s'informe du nombre de wagons qu'il va conduire, afin de proportionner la puissance de la machine à la résistance donnée. S'il a droit, en raison de ce nombre, à prendre le secours d'une seconde locomotive, il importe qu'il se décide

immédiatement à la demander ou à la refuser, lorsque le règlement lui en laisse la liberté.

Au moment de démarrer, la chaudière doit être à sa pression normale maxima, le feu bien chargé et le combustible en pleine incandescence, les articulations bien graissées, la caisse à eau pleine; les boîtes à graisse (580) du train visitées et remplies, les freins en bon état.

L'heure du départ étant enfin arrivée, le mécanicien attend pour demarrer le signal de son chef de train; il lui est très-sévèrement défendu de le devancer sous aucun prétexte.

733. *Pour démarrer*, il suffit d'ouvrir le régulateur après avoir enclanché le levier des tiroirs (340 et 347) du côté de la marche en avant, ou du côté de la marche en arrière, suivant la direction qu'on veut imprimer à la machine.

Au premier instant du départ, à la résistance proprement dite du train s'ajoute l'inertie, dont on calcule l'intensité par la formule n° 31 et le frottement des essieux dans les coussinets; celui-ci est fort considérable au départ, surtout en hiver, à cause de l'épaississement des graisses pendant les stations.

Le moteur devrait donc en ce moment déployer toute son énergie; mais deux autres causes s'y opposent : en premier lieu, parce que la résistance est très-considérable, on risquerait, en démarrant brusquement, de secouer les voitures et de briser les attelages (578 et 651); en deuxième lieu, pour opérer la traction d'un train sur chemins de fer, il ne suffit pas, nous l'avons dit (685 et 689), d'exercer un puissant effort sur les pistons, il faut en-

core que les roues motrices trouvent sur les rails une adhérence suffisante. Or cette adhérence est d'autant plus difficile à obtenir en démarrant des stations, qu'à leurs abords les rails sont souvent gras et glissants (688); d'où il suit qu'en donnant trop de force sur les pistons, la puissance dynamique de la machine, surpassant sa force adhérente, il y aura *patinage* (403 et 686) et le train n'avancera pas.

Ajoutons qu'en ouvrant trop grandement le régulateur, la vapeur, jusque-là emprisonnée sans issue dans la chaudière, s'en échappe avec impétuosité, entraînant avec elle beaucoup d'eau, qui se projette dans les cylindres et dans la cheminée. On dit alors que la machine *crache ou prime* (398).

Il convient donc de démarrer doucement et sans donner trop de force, d'ouvrir modérément le régulateur, de ne pas trop renverser le levier de relevage, desserrer largement la tuyère d'échappement (209), à moins qu'on n'ait peu de pression dans la chaudière; puis, une fois sortie des courbes et des aiguilles qui avoisinent les stations et demandent toujours beaucoup de précautions, on augmente, s'il est nécessaire, l'admission de vapeur jusqu'à ce que la vitesse normale soit acquise.

Il faut toujours un temps assez long pour y arriver même quand les roues sont assez adhérentes pour qu'on puisse se lancer sans patinage.

C'est surtout au départ des stations qui suivent un long arrêt qu'on sent un surcroît de travail. Tandis qu'il suffit de deux à trois minutes pour reprendre la vitesse normale après une station de deux minutes, il faut au moins compter cinq ou six minutes pour parcourir les trois premiers kilomètres en quittant la station d'embar-

quement. Le tracé de la voie exerce évidemment une haute influence sur le démarrage; nous avons vu (574) que quand la situation des lieux le permet, on dispose la voie en rampe descendante de 2 à 3 millimètres, non pas dans la station même (ce qui serait très-vicieux), mais un peu au delà et après avoir dépassé les aiguilles de croisement. On évite en même temps d'établir des rampes montantes avant d'avoir atteint la distance où les trains peuvent être convenablement lancés.

734. Pour *la conduite en marche*, rappelons d'abord les principes fondamentaux exposés aux nᵒˢ 236 et suiv., 350 et suiv.

1° La marche doit être régulière et conforme à l'itinéraire dressé; les arrivées aux stations exactement aux heures prescrites et la vitesse uniforme. Rien ne donne plus mauvaise idée d'un mécanicien, rien n'est plus contraire au système d'un bon service, à la sécurité et à la conservation du matériel, qu'une marche tantôt lente, tantôt précipitée. Mais si les retards apportent de graves perturbations dans le service, les exagérations de vitesse sont pleines de dangers; le temps perdu ne doit donc être regagné que par petites fractions d'une station à l'autre, en prenant garde de rattraper d'autres trains, en observant avec soin les signaux, l'état de la voie, la manière dont se comporte le convoi, sans trop forcer la marche et sans jamais surcharger les soupapes, ce que font trop souvent les mécaniciens, malgré les dangers d'explosion et les punitions sévères auxquelles ils s'exposent. (Voyez n° 726.)

2° La pression de la vapeur, le niveau d'eau dans la chaudière et l'activité du foyer doivent être maintenus uniformes avec un soin particulier; car la chaudière des

locomotives est extrêmement sensible (1). Il faut donc charger le feu et alimenter la chaudière par petites quantités, sans attendre un trop grand abaissement de niveau, enfin quand la tension est élevée et le feu actif. Rappelons que comme ces deux opérations font chacune tomber la pression, il faut éviter de les pratiquer ensemble, et s'en abstenir, à moins de nécessité absolue, quand on a un surcroît de travail à produire, par exemple, démarrer ou gravir une rampe.

3° Le principe qu'on ne doit demander à une machine que ce qu'elle peut produire *facilement*, s'applique surtout aux locomotives. Si donc, par des circonstances plus ou moins fortuites, la vaporisation est faible, il faut consommer peu de vapeur, et par conséquent restreindre l'ouverture du régulateur et des orifices, ralentir momentanément la marche, sauf à la forcer un peu quand la vaporisation aura repris son activité. De même si la charge traînée est exagérée pour la machine, il faut se garder de la forcer.

4° Il faut être très-sobre dans l'emploi de la tuyère d'échappement (208 et 209), surtout quand on a besoin de produire de grands efforts; car on a vu qu'il en résulte, toutes choses égales, une plus grande dépense de combustible et une contre-pression (246) très-nuisible au travail utile de la vapeur.

735. *Pour bien utiliser la puissance d'une machine*, on a vu qu'il faut en général ouvrir grandement le régulateur (203), afin de ne pas étrangler les passages de la vapeur dans les conduits, ce qui diminue sa pression

(1) Voyez sur ce point l'instruction ministérielle de 1824, *Annales des mines*, Ire série, t. IX.

motrice (698), et régler l'introduction de vapeur dans le cylindre, non par ce régulateur, mais par le levier de relevage (267) qu'il faut toujours chercher à rapprocher le plus près possible de son point-mort, afin de prolonger la détente.

C'est pour les locomotives surtout qu'on ne peut pas fixer de règles absolues (voyez n° 1); car telle machine marche mal au premier cran de la détente, à cause de l'agencement de sa distribution, telle autre ne peut souffrir, sans cracher (398 et 733), une ouverture un peu grande du régulateur, et alors le levier de relevage doit être placé au deuxième et peut-être au troisième cran pour prolonger l'admission d'une vapeur dont l'orifice étranglé du régulateur réduit la pression.

C'est au mécanicien à étudier par tâtonnements, quand on lui confie une nouvelle machine, quelle position il convient de donner au levier de relevage (260 et suiv.) et au régulateur (203) pour remorquer des charges données, en cherchant toujours à se rapprocher de ces deux principes : large ouverture du régulateur et de l'échappement (208), pression initiale élevée et grande détente de la vapeur (255).

Le tracé de la voie, le poids du train, l'état de l'atmosphère, s'ajoutent aux conditions de la machine, pour ne pas permettre au mécanicien d'adopter une règle invariable de conduite. On peut cependant distinguer dans la quantité de travail à fournir les variations principales qu'il importe de prévoir pour modifier l'état du moteur. (Voyez nos 606 et suiv.)

1° Une quantité maxima quand on gravit une rampe, quand le train est lourd, quand il est engagé dans des courbes très-prononcées, quand la voie est mauvaise, le

vent violent et contraire à la marche, quand le train est en retard et qu'il faut regagner le temps perdu.

2° Un minimum de travail quand on descend une rampe, quand le train est léger, la voie très-bonne, le vent fort et arrière.

3° Un travail modéré quand le train roule sur une voie de niveau, en état ordinaire d'entretien, en droite ligne, ou n'ayant que des courbes peu prononcées.

736. Dans le premier cas, non-seulement on admet aux cylindres une plus grande quantité de vapeur en reculant le levier de relevage pour prolonger la période d'admission, mais c'est l'instant où il faut s'abstenir de toute manœuvre pouvant diminuer le travail utile de la vapeur ou sa production dans la chaudière. Ainsi on évite de faire jouer les pompes alimentaires et de charger le foyer, on s'abstient de serrer l'échappement pour éviter de créer sur le piston une contre-pression nuisible (246 et 698); c'est avant de commencer à subir les circonstances qui nécessitent le maximum de travail, que le mécanicien pratique celles de ces opérations nuisibles qui sont nécessaires.

Pour le cas spécial des rampes à gravir, procédez ainsi : 1° deux ou trois kilomètres avant la rampe, chargez le feu, puis alimentez abondamment, de manière à franchir toute la montée, s'il se peut, sans recommencer ces opérations.

2° En attaquant la rampe, que le train soit bien lancé, le foyer amplement chargé, le combustible en pleine incandescence, la vaporisation active, et le niveau d'eau aussi élevé que possible, afin de ne pas découvrir le bout des tubes dans l'inclinaison de la machine sur plan incliné, mais sans excès toutefois, afin de ne pas trop réduire

la chambre de vapeur au moment où il faut le plus en produire.

3° Ouvrez largement le régulateur (203), restreignez la détente, ouvrez, s'il se peut, l'échappement (208) de manière à restreindre à son minimum la contre-pression et à créer sur les pistons une forte pression utile; fermez la pompe d'alimentation et tenez bien fermées toutes les portes de la chaudière par lesquelles pourrait entrer l'air froid.

Si la rampe n'excède pas 4 ou 5 kilomètres, on la montera sans peine avec ces précautions, fût-elle rapide; mais il faut beaucoup de soin pour maintenir la vaporisation sur les longues rampes qui ne peuvent être franchies sans renouveler l'alimentation de la chaudière et la charge du foyer. C'est alors qu'il faut alimenter et charger très-peu à la fois, à intermittences convenables, en évitant tout ce qui peut dépenser inutilement la vapeur, rafraîchir la chaudière et créer des résistances passives dans la machine, notamment sur les pistons.

737. Quand le travail à produire *est à son minimum* (c'est le cas des rampes à descendre et du vent poussant en arrière); on acquerrait bientôt une vitesse exagérée si l'on ne restreignait l'admission de vapeur, d'abord en ramenant le levier de relevage vers le point-mort pour réduire l'admission de vapeur et prolonger la détente, puis en diminuant, s'il en est besoin, l'ouverture du régulateur. La vaporisation étant alors excessive relativement à la dépense à faire, c'est le moment d'alimenter la chaudière et de charger le feu, surtout si de nouvelles rampes à gravir sont voisines, et, dans ce cas, il faut profiter de la descente pour se bien lancer sur la rampe ascendante.

C'est aussi l'instant d'envoyer dans le tender, pour en chauffer l'eau, la vapeur qui abonde dans la chaudière.

Comme les montées, les rampes à descendre ont besoin d'être prévues d'avance, afin de ne pas charger le feu ni activer le tirage à leur approche, comme s'il se préparait un grand travail à fournir. Il faut cependant entretenir le feu et la vaporisation à un degré suffisant pour n'être pas obligé de forcer ensuite la machine une fois parvenue au bas de la rampe.

Sur les longues et rapides descentes de 8 à 10 millimètres par mètre, la *gravité* du train (57) suffit à elle seule pour lui imprimer une grande vitesse; il faut la modérer en serrant les freins, mais un peu seulement pour augmenter le frottement. Si on les serrait trop, les *sabots* des freins prendraient feu; si l'on arrêtait le roulement des roues, il s'y produirait dans leur glissement d'énormes facettes plates qui les mettraient hors de service.

Quant à la machine, il ne faut pas non plus fermer entièrement son régulateur, afin que le faible courant de vapeur subsistant continue à lubrifier les pistons et les tables des tiroirs; faute de cette précaution, on les a ordinairement vus gripper.

738. Entre les cas du travail maximum et minimum à fournir se placent les circonstances où la machine n'a qu'un *effort modéré à exercer*. C'est le cas le plus simple; c'est celui où l'alimentation du foyer et de la chaudière se renouvellent périodiquement à intervalles à peu près égaux. Ce qu'il importe alors, c'est de maintenir uniforme l'allure de la machine en touchant le moins possible au régulateur, au levier de relevage et à l'échappement.

739. *Pour arrêter la marche*, trois manœuvres sont

nécessaires : 1° la fermeture complète du régulateur ; 2° l'abaissement du levier des tiroirs à fond de course ; 3° le serrage du frein. (Voyez nos 344 et suiv., 355.)

Les trains doivent presque toujours être arrêtés juste à un endroit déterminé ; principalement aux stations où l'on remplit le tender, et où il faut par conséquent arriver à la portée de la *grue hydraulique* (575).

Le régulateur doit être fermé longtemps avant d'avoir atteint ce point d'arrivée ; car, malgré la suppression du courant de vapeur, le train continue sa marche, en vertu de son inertie (31), pendant un temps plus ou moins considérable, suivant l'état des rails (688), le poids et la vitesse du train.

Nous avons expliqué le but du frein (35, 674 et suiv.). On commence à le serrer fortement dès que le régulateur est fermé ; puis, quand le train n'a plus qu'une faible vitesse, on desserre un peu le frein et on le serre de nouveau brusquement juste devant le point d'arrêt.

Outre le frein du tender, qui est toujours très-énergique, le convoi doit en contenir en moyenne un par douze paires de roues, plus un en queue (605). L'action simultanée de tous les freins d'un convoi est très-efficace. Si celui du tender ne suffit pas, le mécanicien demande le serrage de ceux des voitures par un ou plusieurs coups du sifflet à vapeur (228) pour avertir les *gardes-frein*.

Mais quand le mécanicien manœuvre bien, le frein du tender leur suffit pour les arrêts ordinaires. Ceux du train ne servent alors qu'en cas d'arrêts imprévus et précipités, ou bien quand les rails sont très-glissants et l'action du frein du tender peu énergique.

L'action du frein est très-préjudiciable à la conserva-

tion des roues et des rails; aussi faut-il éviter d'en faire un usage abusif.

740. L'effet d'un frein varie suivant une infinité de circonstances qui ne permettent pas d'établir une règle précise sur la distance à laquelle il convient de manœuvrer pour arrêter les trains.

En résumé *la distance* à laquelle doit commencer la manœuvre d'arrêt varie entre 300 mètres au moins et 1200 au plus.

Dans les circonstances moyennes, c'est-à-dire pour un train de 24 paires de roues, à la vitesse moyenne de 36 kilomètres à l'heure, sur palier, les rails étant en état ordinaire d'entretien et de glissement, avec vent modéré, le régulateur doit être fermé à environ 600 mètres de distance du point d'arrêt.

La distance doit être augmentée si le train est plus lourd, le vent fort et en arrière, les rails glissants, les freins peu énergiques, la voie en rampe descendante.

La distance, au contraire, doit être restreinte si le train est léger, le vent fort et en avant, la voie raboteuse, les freins puissants, si la vitesse est faible, ou bien si on est en rampe montante ou en courbe très-prononcée.

Quand, malgré la fermeture du régulateur et le serrage des freins, le train conserve assez de vitesse pour faire craindre de passer la station : deux puissants moyens d'arrêt restent encore au mécanicien.

Le premier consiste à relever le levier des tiroirs au point-mort. (Voyez n° 267.)

Le deuxième consiste dans la marche à *contre-vapeur*, c'est-à-dire dans l'introduction de la vapeur au cylindre, après avoir renversé le levier des tiroirs du côté de la marche en arrière. La vapeur, ainsi introduite, presse le

piston contrairement à la marche de la machine et lui fait jouer le rôle d'un frein énergique.

**741.** Les trains subissent des arrêts de trois durées différentes :

1° Les petites stations, de 1 ou 2 minutes, pendant lesquelles le mécanicien a à peine le temps de descendre faire une visite à sa machine ;

2° Les arrêts de 5 minutes environ, qui doivent avoir lieu à peu près toutes les demi-heures, et pendant lesquels le mécanicien visite et graisse la machine, tandis que son chauffeur charge le foyer, après avoir balayé la plaque tubulaire ; pendant ce temps les visiteurs et graisseurs (720) inspectent l'attelage et les roues du train, emplissent ses boîtes à graisse et les rafraîchissent si elles chauffent ; enfin un manœuvre attaché à la station, remplit la caisse à eau du tender en y amenant la grue hydraulique ; il ouvre le premier robinet-jauge de la caisse pour être averti par l'écoulement de l'eau quand elle sera remplie, et pendant ce temps il aide, s'il y a lieu, le mécanicien et le chauffeur ;

3° Enfin il y a des arrêts plus ou moins prolongés dont la durée permet non-seulement de procéder aux opérations ordinaires, mais laisse le loisir au mécanicien de remettre en état ce qui peut être défectueux dans la machine, de piquer le feu ou de nettoyer les tubes de la chaudière, s'il en est besoin.

Il importe que jamais il n'entreprenne aucune de ces opérations, sauf le cas d'absolue nécessité, avant de s'être bien rendu compte du temps qu'elles demandent et du temps dont il peut disposer, afin d'être prêt à partir au premier signal donné.

Il faut, en outre, recommander au mécanicien de ne

jamais abandonner sa machine aux stations sans avoir la certitude que le chauffeur ou l'un des mécaniciens de la gare le remplace, prêt à parer à toutes les éventualités. (Voyez n° 725.)

742. *L'approche des longues stations* de plus de 15 minutes demande une précaution très-importante. On a dû la prévoir de manière à ne pas arriver avec une activité de feu ou de vaporisation inutile, puisqu'on est sur le point de ne plus dépenser de vapeur; mais comme il ne faut pas non plus les amortir de manière à manquer de pression pour repartir, la vapeur qui continue à se former s'élèverait bientôt à une tension dangereuse si le mécanicien ne prenait les trois précautions que voici :

1° Alimenter abondamment la chaudière en approchant du quai d'arrêt (237).

2° Capuchonner la cheminée de la locomotive, en ne laissant plus qu'un très-faible courant d'air, juste suffisant pour que le feu ne soit pas étouffé.

3° Ouvrir, à la station même, les robinets réchauffeurs (210) pour achever d'envoyer à la caisse à eau du tender la vapeur en excès. Au bout d'un certain temps, si cette émission doit se continuer, il faut laisser à la vapeur qui tend à s'accumuler dans le tender une issue pour s'échapper au dehors.

743. *Près d'arriver* au terme du voyage, on a vu (242 et 554) qu'il convient, en général, de ne plus charger le feu, afin d'avoir à l'arrivée, dans le foyer, lo moins de combustible possible à éteindre et à sacrifier. En activant le tirage par le serrage de l'échappement, on parvient à le brûler presque entièrement. La prudence et les besoins du service veulent cependant qu'on arrive avec assez de pression pour faire les manœuvres voulues; après

avoir conduit un train la machine est souvent chargée de le garer, puis de le décomposer ; elle se rend ensuite au dépôt (766), qui est plus ou moins éloigné ; elle va prendre sa provision d'eau et de combustible et rentre ensuite à la remise ; elle fournit ainsi un supplément de parcours assez considérable avant de jeter son feu, pour lequel il faut qu'elle conserve dans la chaudière une tension suffisante de vapeur.

*Rentré au dépôt*, le mécanicien fait une dernière visite à sa machine ; il ferme ses coffres à outils, après avoir mis ceux-ci en ordre ; il desserre les ressorts des soupapes de sûreté (224 et suiv.), dépose son rapport au chef du dépôt (766) et lui signale sur le champ les réparations à faire.

Le gros nettoyage du mécanisme, l'abattage de la grille, le lavage de la chaudière et de la caisse à eau, le balayage des tubes et du foyer, le remplissage de la chaudière et la mise en feu pour la reprise du service sont des opérations dont on décharge ordinairement le mécanicien et son chauffeur pour les confier aux employés du dépôt. Mais il doit faire par lui-même ou par son chauffeur les joints, les garnitures de presse-étoupes, ainsi que les remontages de pièces délicates, dont le jeu l'intéresse spécialement en route, comme les pompes alimentaires, la robineterie et les indicateurs.

### § V. — Conduite à deux locomotives.

**744.** En principe général un train ne doit être conduit que par une seule locomotive (604). Sur les lignes où le mouvement des voyageurs et des marchandises est considérable, il faut donc ou multiplier les trains ou em-

ployer de puissants remorqueurs. C'est pour cela que certaines lignes possèdent de si fortes machines et que d'autres ont à la fois de puissantes locomotives d'été et de faibles locomotives d'hiver pour le temps où le mouvement des voyageurs devient très-réduit.

L'emploi de deux locomotives pour remorquer un train est donc tout exceptionnel, et c'est avec raison : il est d'abord très-difficile aux deux mécaniciens de bien s'accorder dans la marche, sans imprimer de secousses au train ; aussi les ruptures d'attelages sont-elles alors très-fréquentes ; l'addition d'une seconde machine est d'ailleurs dispendieuse ; elle donne lieu, en outre, à de nombreuses manœuvres supplémentaires et à des complications de service ; enfin les personnes montées sur celle des deux machines qui marche la seconde ont beaucoup à souffrir de la poussière et du menu coke que leur envoie la première.

745. Il y a cependant nécessité d'atteler au train deux locomotives dans les cas suivants :

1° Lorsque l'affluence inusitée des voyageurs ou des marchandises force de multiplier *exceptionnellement* le nombre des wagons.

2° Lorsque l'état de l'atmosphère, la violence du vent, le froid qui gèle les graisses des essieux de wagons, le manque d'adhérence des roues sur les rails très-glissants, rendent une seule locomotive impuissante.

3° Quand, pour les causes ci-dessus, le train est en retard et dans l'impuissance de regagner par son seul remorqueur le temps perdu qu'il est autorisé à rattraper.

4° Pour monter une rampe exceptionnelle ; dans ce dernier cas cependant l'administration préfère souvent donner une prime aux mécaniciens qui, chargés de con-

duire un train médiocrement lourd, parviennent à monter la rampe sans le secours de la machine auxiliaire.

Le mauvais état de la locomotive du train ne peut pas en autoriser l'addition d'une seconde ; celle-ci ne peut, en cas de besoin, que remplacer la première et prendre alors seule la direction du convoi. Mais tous les règlements permettent à la machine avariée de rester dans le train jusqu'au plus prochain atelier de réparation si sa présence n'occasionne pas de danger. Si son feu n'est pas éteint, il importe de maintenir le régulateur légèrement ouvert, afin d'entretenir dans la boîte à tiroirs et les cylindres un courant de vapeur, au défaut duquel les pistons et tiroirs gripperaient (13). Si la machine ne peut plus être en pression il faut, pour les mêmes motifs, démonter ses bielles motrices et d'excentriques, à moins qu'il n'y ait plus qu'une courte distance à parcourir jusqu'aux ateliers où doit être laissée la machine avariée.

746. La locomotive auxiliaire se place nécessairement en tête; sans doute il vaudrait mieux que le mécanicien qui, primitivement, conduisait le train pût la mettre derrière lui, mais il en résulterait des manœuvres longues et multipliées qu'il faut toujours éviter.

Jamais la locomotive auxiliaire ne peut être en queue du train, si ce n'est pour des manœuvres et pour refouler à petite vitesse un train en détresse jusqu'à la plus prochaine aiguille, où elle prend alors la tête.

Pour la conduite à deux locomotives il a été déjà dit et prescrit par l'ordonnance de 1846, que la machine de tête était celle qui réglait la marche et prenait la direction. C'est celle qui démarre la première, qui tire fortement, de manière que l'attelage entre les deux machines reste tendu, et qu'elle ne soit jamais poussée par

la seconde; c'est elle qui donne les signaux par le sifflet à vapeur (228 et 728) et autres moyens réglementaires; c'est elle dont le régulateur ferme le dernier, et dont le mécanicien est le premier responsable.

Il importe qu'il se tienne sur le côté de sa machine, afin que le second mécanicien suive ses manœuvres pour y conformer les siennes; celui-ci attend, pour ouvrir son régulateur, que la première machine ait démarré. Pour arrêter, c'est au contraire le premier mécanicien qui l'avertit de fermer par un signe de main ou un coup de sifflet.

Pendant la marche la seconde machine continue son allure ordinaire. Il y a des mécaniciens peu consciencieux qui profitent de la présence des machines auxiliaires pour leur laisser presque tout à faire, en économisant leur vapeur et leur combustible; un tel fait doit être sévèrement puni. La première machine doit travailler plus que la seconde et ne pas risquer d'être poussée, mais elle ne doit pas travailler seule et perdre sa force à tirer la seconde machine.

747. La locomotive auxiliaire quitte le train dès qu'elle ne lui est plus nécessaire. De la station où elle l'abandonne elle revient souvent à son dépôt seule et sans convoi; il importe alors qu'on ait eu préalablement le soin de l'annoncer sur la ligne, afin que les cantonniers et agents de surveillance soient prévenus de son passage et empêchent toute collision. Le mécanicien doit veiller à ce que cette annonce soit faite.

Le règlement prescrit les signaux à donner et les précautions à prendre dans ce cas, et il faut que le mécanicien s'y conforme scrupuleusement.

Quand il marche ainsi à vide, on ne saurait assez lui

recommander de ne pas trop précipiter sa vitesse, car la locomotive, abandonnée à l'action de tous ses mouvements perturbateurs sans être maintenue en arrière par le train remorqué, risque de dérailler.

§ VI. — Accidents spéciaux aux locomotives et aux chemins de fer.

748. Les accidents sur les chemins de fer ont le privilége de soulever les plus vives émotions dans le public ; le nombre d'accidents causés journellement dans les rues par les voitures et les chutes de matériaux est considérable ; des diligences versent, des navires se perdent en mer, le retentissement de ces catastrophes est faible et passager. Mais les chemins de fer sont, au moindre accident, l'objet de la terreur publique. Nous serions donc heureux si le résultat que nous allons rapporter pouvait prouver aux lecteurs faciles à s'effrayer que les sinistres sont comparativement rares et peu désastreux sur les chemins de fer.

Il résulte d'une statistique officielle que dans la période décennale de 1843 à 1853, où ont eu lieu les catastrophes trop célèbres de Bellevue et de Fampoux, le rapport des victimes au nombre des voyageurs transportés a donné une victime pour 325 053 voyageurs heureusement parvenus à leur terme. Nous n'avons pas la statistique des années suivantes, mais nous croyons être certain que le nombre proportionnel des victimes a beaucoup diminué malgré l'épidémie d'accidents qui a désolé récemment les chemins de fer.

Une autre statistique, que nous croyons s'appliquer à l'Angleterre, laquelle n'est nullement privilégiée en matière d'accidents, porte qu'en 1851 il y a eu un

mort sur 7 900 000 voyageurs heureusement transportés.

Suivant une statistique toute récente, le premier semestre de l'année 1854 a donné un accident pour 7 195 343 voyageurs.

Ces nombres dispensent de tout commentaire et prouvent assurément qu'il n'existe pas de mode de transport comparable aux chemins de fer pour la sécurité.

Voyez sur ce sujet le mémoire de M. Mark Huisch à la Société des ingénieurs civils de Londres, séance du 3 septembre 1852, et le discours de M. Stephenson à la même Société, en 1856, traduit à la Société des ingénieurs civils de Paris, et lu à la séance du 18 janvier; il en résulte du premier, qu'en fait :

1° Les déraillements sont rares ;

2° Les obstacles placés sur la voie sont fréquents ;

3° Les appareils qui interceptent la voie, tels que les aiguilles de croisement et les plaques tournantes, sont en principe dangereux ;

4° Les appareils *self-acting* ou automoteurs doivent être condamnés.

Nous avons nous-même examiné la question des accidents sur les chemins de fer dans une note imprimée dans le journal de *l'Invention* de M. Gardissal, année 1853. Nous renvoyons aussi au mémoire publié à la même époque par M. Couche, et aux discussions à la Société des ingénieurs civils de Paris.

749. Les accidents de chemins de fer ne doivent faire suspendre la marche du train ni même la faire ralentir que s'il y a danger. C'est une des premières prescriptions faites au mécanicien ; car dans un service de chemins de fer, les trains sont combinés pour être, à des heures données, sur des points précis de la ligne, et c'est pour

ne pas s'y trouver à l'instant fixé que les trains, animés de vitesses différentes, se joignent et s'abordent en troublant parfois tout le service pour au moins 24 heures.

Après avoir constaté l'importance des avaries dans la machine, les trains ou la voie, en arrêtant un peu, s'il le faut, le mécanicien fera tout ce qu'il pourra pour gagner au moins la prochaine station.

Les accidents du train ou de la voie ne le regardent pas; il peut faire ses représentations, donner son avis sur l'appréciation du danger; cela fait, il n'a plus qu'à obéir au chef de train (723). Quant à la machine, lui seul peut apprécier la gravité des avaries. Toutefois, après avoir déclaré s'il peut ou non poursuivre la marche, il attendra l'ordre du chef de train. Si on lui prescrit de se remettre en route, il est inutile de lui recommander la prudence et l'attention.

Si le service ne peut être continué, voyez les mesures à prendre aux n$^{os}$ 363 et 364.

750. Parmi les accidents qui font l'objet du chapitre V de la première partie, plusieurs demandent quelques nouveaux développements, parce qu'ils ont sur les chemins de fer un caractère spécial de fréquence et de gravité.

*Des accidents dans le générateur*, il reste peu de chose à dire.

Les coups de feu et brûlures ont leur cause et leur remède indiqués au n° 366. Outre les causes générales, il peut arriver, si la chaudière est très-longue et si le mécanicien a tenu son niveau d'eau trop bas, que les bouts des tubes du côté de la boîte à fumée ou l'angle supérieur d'arrière du foyer restent à sec.

Cet accident est moins supposable du côté du foyer,

parce que l'indication du tube-jauge (214) permet de le prévenir; mais sur le bout des tubes, il peut avoir lieu en montant les rampes rapides.

Pour empêcher le foyer d'être mis à sec, il existe à son *ciel* (178) un bouchon (227) qui fond et répand l'eau sur le feu avant que le métal soit découvert.

La brûlure du foyer en cuivre des locomotives arrive encore par l'effet d'une accumulation de tartre empêchant le contact de l'eau sur la paroi de l'eau chauffée (76).

La partie brûlée se gondole et bombe sous la pression, le métal est altéré, et il importe de remplacer au plus tôt la partie malade en y rivant une pièce, ce qui constitue une réparation longue et coûteuse pour les ateliers, et dont le mécanicien ne peut prendre la responsabilité en aucun cas.

A moins que la bosse du métal ne soit menaçante, le service peut être continué au moins jusqu'au prochain dépôt (766), afin de ne pas jeter de perturbation dans le service des trains.

La brûlure des tubes amène très-rapidement leur rupture et leur explosion, et par suite l'expansion, dans le foyer, de l'eau et de la vapeur; la machine alors s'arrête d'elle-même sans que la marche puisse être reprise. (Voyez pour l'explosion et les fuites de tubes ce qui est dit au n° 369.)

Quant aux explosions du corps extérieur de la chaudière, elles sont heureusement très-rares; les éclats n'atteignent d'ailleurs presque jamais le train. Les catastrophes de cette nature (on n'en compte pas 10 en France depuis l'origine des chemins de fer) sont toujours provenues d'impardonnables vices de construction ou d'une grave violation des règlements.

*Les autres accidents de chaudières* spécifiés aux nos 370 et suivants sont très-habituels aux chaudières de locomotives et exigent une attention spéciale de la part du mécanicien. Ces chaudières, par l'activité de leur vaporisation, leur faible volume d'eau, leur chambre de vapeur si réduite et les variations du travail à produire sont d'une sensibilité extrême.

*Pour les fuites*, nous renverrons également aux nos 375 et suivants.

751. *Parmi les ruptures*, nous signalerons spécialement celles des attelages, des roues et de leurs essieux.

*La rupture des attelages de locomotives et wagons* (578 et 672) a pour conséquence le fractionnement du train. Outre les vices de ces appareils imputables au constructeur, trois causes, dépendant du mécanicien ou des employés du train, peuvent amener la rupture en question :

1° Démarrage ou accroissement de vitesse trop brusques résultant d'un excès subit d'ouverture du régulateur. Cet accident est surtout à craindre dans les trains très-lourds et après les stations très-courtes qui n'ont pas permis aux attelages de revenir à leur point de repos, après s'être tendus en sens contraire à la marche par le refoulement des voitures se poussant les unes contre les autres au moment de l'arrêt.

2° Négligence des employés du train à desserrer les freins des voitures ; dans ce cas, le train présentant trop de résistance, ou bien les attelages céderont, ou bien la machine patinera (403 et 754), ou bien elle ne démarrera pas (401).

3° Négligence à changer ou réparer les attelages qui menacent de se rompre ou qui claquent ayant trop de jeu : ce dernier cas s'applique surtout à la barre qui attelle

le tender à la locomotive (672) ; on ne saurait trop la surveiller ; car ces deux véhicules venant à se séparer, il y a grande chance que les personnes debout sur la plateforme ne tombent et ne soient broyées sous les roues, et que la machine ne parte toute seule en avant, si quelque circonstance fait que le mécanicien ne soit pas avec elle en ce moment.

Quand, par la rupture des attelages, le train est coupé, le premier soin du mécanicien resté sur la machine doit être de redoubler de vitesse au lieu de s'arrêter, de peur d'être rattrapé par la partie détachée du train, au risque de recevoir un *coup de tampon*. En même temps, les gardes-freins qui sont avec cette partie détachée s'empressent d'enrayer ; une fois arrêtée, le mécanicien s'arrête lui-même, *refoule* en arrière et rapproche avec précaution les deux sections du train ; on rétablit l'attelage comme on peut, et l'on reprend la marche au moins jusqu'à la prochaine station, où l'on retirera les wagons avariés, s'il y a lieu.

752. *La rupture des roues* nécessite toujours l'arrêt immédiat et même la cessation du service dès que l'accident s'annonce par des fentes de quelque gravité.

Les roues de chemins de fer manquent rarement aujourd'hui. En quatre ans, les wagons à voyageurs d'une des plus grandes lignes françaises n'ont eu que six roues brisées, et s'il s'en est trouvé un bien plus grand nombre dans les trains de marchandises, c'est que ce matériel a été un instant très-défectueux. (Voyez mémoire de M. Mark Huisch à la Société des ingénieurs civils de Londres du 3 septembre 1852.)

Les roues des machines ou des wagons sont sujettes à trois sortes d'accidents principaux :

1° *Rupture ou écrasement* du cercle : dès qu'elle menace, la machine doit cesser tout service ; s'il faut aller jusqu'à la prochaine station, et que cela ne soit pas absolument impossible, on marchera très-lentement en ne perdant pas de vue l'avarie, afin d'arrêter immédiatement si elle s'aggrave, en se plaçant de manière à ne pas être atteint par la projection des morceaux du cercle venant à voler en éclats ou à être projetés par la force centrifuge. Cet accident s'annonce aisément par l'instabilité subite que prend la machine ou wagon, par le ferraillement ou les chocs qui se produisent au passage de la partie cassée sur le rail ; enfin, par le frottement inusité qui se fait entendre dans le couvre-roue, que les constructeurs ne doivent pas faire trop grand, afin de ne pas perdre la faculté d'annonce dont nous parlons.

2° *Le cercle quitte la jante.* Cet accident provient de ce que le cercle, après un certain temps de service, s'agrandit en se laminant, pour ainsi dire, entre le rail et la jante ; trop grand pour celle-ci, il cesse d'y rester fixé et il la quitte. Non-seulement cet accident nécessite l'arrêt immédiat de la machine, mais de plus, quand on s'aperçoit avant de partir qu'au lieu du contact immédiat qui doit exister entre le cercle et la jante, il existe du jeu, on doit, avant de remettre la machine en service, boucher ce jeu, au moins provisoirement, en intercalant entre-deux des minces bandes de tôle ou en chassant de nouvelles cales, suivant ce que réclame le système de cerclage. On s'assure en même temps de la solidité des rivets ou boulons qui fixent le cercle sur la jante. Quand enfin le cercle est agrandi de manière à rendre insuffisants les palliatifs qui précèdent, on le rétrécit à la forge en le chauffant à blanc sur un point d'environ

20 centimètres de long ; on frappe des deux côtés pour faire refouler sur elle-même la partie chauffée, sauf à enlever ensuite à la tranche ou sur le tour, en dehors ou en dedans, l'excès d'épaisseur qui s'est formé en cet endroit, et si le cercle lui-même s'est déformé dans cette opération, on lui rend sa rondeur à l'atelier d'*embattage* à l'aide de la machine dite à ouvrir quand il sort du four avant de le poser sur la roue. Ce travail constitue une réparation d'atelier et ne regarde pas le mécanicien (596).

3° *Fente du moyeu.* Quand on s'aperçoit qu'un moyeu est fendu (accident assez commun lorsqu'il est en fonte coulée en coquille), il faut, aux ateliers de forges, l'entourer d'une *frête* ou cercle de fer posé à chaud, qui, en se refroidissant, se rétrécira et maintiendra indéfiniment les parties fendues.

4° La *cassure des jantes et rayons* se répare à la forge ; elle n'exige, comme dans le cas précédent, l'arrêt que si la cassure est considérable et présente du danger par l'instabilité qui en résulte.

753. *Les ruptures d'essieux* exigent l'arrêt immédiat ; ces pièces sont aujourd'hui l'objet de si grands soins dans leur fabrication, d'ailleurs facile et dans leur réception, que les ruptures sont devenues très-rares.

Les essieux coudés de locomotives seuls cassent assez souvent, parce qu'ils fatiguent beaucoup et sont d'une réussite moins certaine. Un bon essieu devrait fournir 300000 kilomètres de parcours en service ordinaire avec toute sécurité ; mais ils résistent parfois à peine à 30000. On a vu au n° 663 comment ils s'altéraient.

Quand on a de l'inquiétude sur l'état des essieux en général, voici ce que M. Polonceau a proposé dans la séance des ingénieurs civils de Paris du 2 avril 1852 :

Réunissez les essieux provenant de la fourniture dont la série inquiète; prenez-en 3 ou 4 parmi ceux qui ont le plus marché; chauffez-les au rouge cerise à la forge; s'il y a commencement de fissure, celle-ci deviendra manifeste. On peut aussi les huiler, puis au bout de quelques jours faites doucement chauffer l'essieu après avoir poli la partie douteuse; s'il y a fissure, l'huile sortira. Ou bien encore, versez sur la partie qui semble fissurée un peu d'acide sulfurique; laissez quelques jours à l'air et rompez l'essieu. La partie malade apparaîtra toute noire de rouille. Cette rupture permettra aussi de constater le grain.

754. Aux accidents divers qui peuvent affecter toute machine à vapeur, il nous reste à ajouter quelques développements sur quatre d'entre eux, qui sont tout à fait particuliers aux chemins de fer, savoir : le patinage et l'instabilité de la machine, le mauvais état de la voie et le déraillement.

*Patinage.* On dit qu'une locomotive patine quand, au lieu de faire avancer le train, les roues tournent sur elles-mêmes sans adhérer aux rails; le mécanisme prend alors une très-grande vitesse, et de là résultent beaucoup d'usure et de vapeur dépensée en pure perte.

La cause générale de cet accident est l'insuffisance de la force adhérente des roues motrices pour entraîner la charge remorquée (voyez nos 685 et suiv.). Quatre circonstances diverses peuvent y donner lieu :

1° La charge est trop forte pour la puissance adhérente de la machine;

2° Les roues sont peu chargées; il faut alors serrer les ressorts : ce que peut, seul, se permettre un mécanicien parfaitement sûr de lui, sous peine de troubler la répar-

tition de la charge sur les roues, et par suite la stabilité de la machine (voyez n° 690) ;

3° Le régulateur étant trop ouvert quand la charge est lourde et le train non lancé, l'effort imprimé par la vapeur sur le piston rend la force motrice supérieure à la force adhérente; la roue alors ne mord pas sur le rail ; les aspérités invisibles qui devraient leur permettre de s'accrocher respectivement sont, pour ainsi dire, arrachées comme le seraient les dents d'une crémaillère et d'une roue dentée s'engrenant ensemble et soumises à de trop grands efforts (voyez n° 733) ;

4° Les rails sont glissants, soit par suite des circonstances atmosphériques telles que la neige, le verglas, le brouillard, la pluie *fine* (15), soit parce qu'ils sont graissés et comme lubréfiés par l'huile qui, dans le voisinage des stations surtout, tombe des machines sur la voie. Les rails sont encore extrêmement glissants dans le voisinage des rivières et dans la traversée des bois, surtout à la poussée et à la tombée des feuilles.

755. Les deux premières causes de patinage sont permanentes tant qu'on n'a pas diminué la charge ou réglé les ressorts des roues. Les deux autres causes sont accidentelles et le remède est à la portée du mécanicien : il est fort simple. Puisque le patinage résulte de l'excès de force motrice sur la force adhérente, il suffit pour le faire cesser : 1° de modérer l'effort exercé par la vapeur sur le piston, et 2° de rendre les rails moins glissants par le procédé ci-après.

Le premier but est rempli par la diminution et même par la suppression totale momentanée de l'admission de vapeur. Ramenez donc le levier de relevage près du point-mort (268), et si cela ne suffit pas, fermez un instant

le régulateur. Quant aux rails, on les rend moins glissants en étendant sur eux, devant les roues motrices, du sable *sec et médiocrement fin* qui force celles-ci à mordre. Ce dernier moyen ne doit être employé qu'en désespoir de cause ; car le sable peut être projeté dans le mécanisme et faire chauffer, puis gripper les parties frottantes, le sable siliceux surtout. Aussi lui préfère-t-on volontiers le fin gravier calcaire qui s'écrase dans les articulations sans les roder, bien qu'il soit moins propre à remédier au patinage.

On verse le sable à la main par un tuyau adapté sur le côté de la machine et qui va descendre contre le rail au devant de la roue, l'autre bout, terminé par une sorte de cornet, étant à la portée du mécanicien, qui peut y jeter du sable sans quitter sa place. On verse aussi le sable comme en Belgique où le patinage est fréquent, à l'aide d'un réservoir, en forme de caisse, placé sur la chaudière, avec deux tuyaux qui descendent droits et sans coude devant les roues : un petit registre, placé dans le réservoir, muni d'une tringle et d'une poignée à la portée du mécanicien, permet de régler l'écoulement du sable.

756. *L'instabilité des locomotives et des wagons* est très-variée dans ses circonstances, sa nature et ses causes. On distingue cependant sur les chemins de fer trois genres de secousses qui se produisent avec une certaine régularité, savoir : le lacet, le roulis et le galop.

Le *lacet* est un mouvement sinueux bien connu qui porte la machine ou le wagon tour à tour d'un rail à l'autre en lui imprimant un balancement latéral insupportable. Ses principales causes sont : 1° l'excès de jeu dans les collets d'essieu et dans l'attelage des voitures dont les tampons de choc ne se touchent pas en marche (578),

les *tendeurs* étant trop peu serrés ; 2° la mauvaise disposition des rails trop plats et trop écartés, concordant avec le défaut de conicité des roues et l'usure de leurs boudins : ce qui laisse la voiture serpenter d'un rail à l'autre au lieu d'être retenue entre les rails en droite ligne ; 3° le vice du mécanisme moteur mal monté, mal combiné ou trop écarté, et qui rend trop sensibles les mouvements en sens contraire imprimés aux manivelles à angle droit de l'essieu moteur. On caractérise ce dernier effet dans une machine en disant qu'elle prend une allure déhanchée.

Le roulis est un mouvement latéral analogue à celui que prennent les vaisseaux soulevés par les vagues, et qu'on éprouve sur les locomotives ou wagons qui, mal appuyés sur leurs ressorts de suspension, se portent, comme par effet de bascule, de gauche à droite et réciproquement. Cet accident provient le plus souvent de ce que le serrage des ressorts est mal réglé ou de l'usure inégale des roues.

Le *galop* est un mouvement vertical analogue à celui qu'on éprouve sur un cheval au galop et qui porte alternativement la machine de l'essieu d'arrière à l'essieu d'avant et *vice versâ*. Il peut être causé par le mauvais état de la voie, le mauvais règlement des ressorts, l'usure des roues, la vicieuse répartition de la charge sur les roues et la disposition du mécanisme tendant, en quelque sorte, à soulever la locomotive : tel est le cas des locomotives à cylindres verticaux ou posés obliquement sous un très-grand angle.

Ces trois sortes de mouvement affectent une remarquable régularité quand ils sont isolés et dus à une cause, sinon unique, du moins dominant toutes les autres. Mais

ils se compliquent et se confondent le plus souvent, surtout par l'usure des organes. Aux causes permanentes qui tiennent à un vice de la machine et à l'état général de la voie, il faut ajouter l'instabilité accidentelle qui résulte du passage sur des rails mal assis et mal nivelés; les secousses irrégulières sont alors faciles à reconnaître et ce ne peut être que par la réparation de la voie qu'on peut les faire cesser.

C'est surtout aux grandes vitesses que les causes d'instabilité se manifestent et s'aggravent; on ne saurait trop promptement y remédier, sinon il n'y a pas de sécurité et on peut se voir entraîné à de considérables réparations.

Il est dit aux nos 13 et 393 comment on répare les pièces usées, et au n° 690, comment on règle la charge des ressorts. Quant aux causes d'instabilité permanentes et inhérentes à la disposition du mécanisme, elles entraînent ordinairement de grandes modifications, qu'un ingénieur habile et expérimenté peut seul prendre sous sa responsabilité.

Souvent l'instabilité ne tient qu'à l'inertie des organes en mouvement et mal équilibrés : tel est le principe qu'a démontré M. Lechâtelier par l'expérience et la théorie. On la corrige alors en fixant près de la jante des roues motrices des contre-poids capables d'équilibrer les manivelles, les bielles, le mouvement des pistons, pompes, tiroirs, etc. (voyez n° 303).

757. *Voie mauvaise* du chemin de fer. Cet accident est annoncé au mécanicien par un signal de ralentissement déterminé par le règlement du service; il doit toujours obéir aux signaux, même quand rien ne lui en prouve la nécessité, sauf à l'indiquer sur son rapport. Car souvent l'état

dangereux de la voie peut être réel sans se manifester actuellement.

Les parties mauvaises de la ligne peuvent n'être pas protégées par des signaux ; le mécanicien les sent à l'instabilité que prend aussitôt la machine. Les oscillations latérales et le lacet annoncent que les rails sont mal nivelés. L'intermittence régulière de sauts verticaux indique que les traverses sur lesquelles posent les rails sont mal bourrées (571 et 576) ; une violente et brusque secousse est le résultat d'un obstacle sur la voie, de la rupture d'un rail, etc.

Quand la voie est mauvaise, signalée ou non, le mécanicien doit, 1° ralentir sa marche ; 2° ne jamais s'arrêter sur les parties mauvaises, sous peine d'aggraver le mal par la continuité de la pression du train ; 3° indiquer les endroits mauvais non signalés à la prochaine station, et sur le rapport qu'il remet lui-même à la fin du service.

Si la voie ne paraît pas libre, il doit arrêter et envoyer en avant son chauffeur reconnaître l'état des lieux.

758. *Déraillement d'une locomotive ou d'un wagon.* Les principales causes, pouvant amener cet accident, sont :

1° Les chocs, collisions et rencontres ; en un mot, tous ces événements que les mécaniciens nomment *coups de tampon ;*

2° Le dérangement accidentel de la voie ;

3° Un obstacle placé sur les rails et faisant dévier les roues ;

4° La rupture d'une pièce de l'un des véhicules, tombant sur la voie, où elle s'arcboute en soulevant ce véhicule ;

5° L'instabilité de celui-ci, quelle que soit la cause ;

6° L'insuffisance de charges sur les roues d'avant de

la machine, insuffisance qui, suivant le langage des mécaniciens, tend à lui faire *lever le nez* (655);

7° La mauvaise répartition de la charge d'un wagon, qui porte sur un côté plus que sur l'autre;

8° Le déraillement est encore à craindre quand on court avec trop de vitesse dans les courbes à petits rayons, où la force centrifuge est mal contre-balancée. Enfin, pour le *milieu du train*, toutes les fois qu'il possède une grande quantité de mouvement, et que la tête ralentit sa marche pendant que la queue pousse violemment en raison de sa vitesse acquise. Les voitures du milieu, poussées ainsi par les dernières contre les premières qui résistent, peuvent, en certains cas, se soulever et quitter la voie. Ce fait peut arriver quand on arrête trop brusquement sans faire serrer les freins de queue du convoi et surtout entre deux rampes en sens contraire, non séparées par un palier (573), la tête du train qui gravit la rampe ascendante ralentissant, quand la queue qui descend la pente possède sa plus grande vitesse. D'où il suit qu'en attaquant une rampe, le mécanicien doit bien se lancer.

759. Le déraillement n'est pas toujours accompagné du bouleversement des voitures et de ces circonstances qui lui donnent le caractère d'une catastrophe; les roues peuvent simplement quitter la voie et labourer le sol. De violentes secousses, accompagnées d'une sorte de plongement de l'avant à l'arrière, annoncent de suite l'accident; arrêtez immédiatement, sifflez pour serrer tous les freins. Si la machine est menacée d'explosion ou de coups de feu (366 et 367), étouffez vite le feu s'il ne peut être abattu, ou si, en le jetant sur la voie, il peut y avoir danger d'incendier les wagons.

Le simple déraillement est facile à réparer si le train est muni, suivant l'usage consacré par les règlements, de crics, de leviers et verrins, cordes, etc.

1° Isolez d'abord du reste du train les wagons, la machine ou le tender déraillé ;

2° Calez les roues en dessous ou attachez-les de manière à ce qu'elles se soulèvent de terre en même temps que le véhicule ;

3° A bras d'homme et à l'aide des leviers, des crics et des verrins, qu'on appuie sur les traverses ou sur les rails, aux endroits des coussinets, mais non entre eux, soulevez le véhicule et replacez-le sur la voie ; puis après s'être assuré que le wagon ou la machine déraillé peut poursuivre sa route, reformez le train et poursuivez.

760. Quand le déraillement est accompagné du bouleversement du train et qu'il dégénère en catastrophe ou que la voie est impraticable et qu'il faut attendre du secours et pourvoir au plus pressé, le premier soin doit être d'étouffer ou d'éteindre le feu de la machine pour éviter l'incendie; puis on isolera, comme il se pourra faire, la partie du train restée sur la voie ; on empêchera le combustible du tender et les fragments de wagons brisés de se répandre près du foyer de la machine et allumer un incendie; reculez les wagons restés sur la voie pour les mettre hors de danger; veillez à ce que les assistants, écartés, ne reviennent pas sur le lieu du sinistre, où leur présence ne serait qu'un nouveau sujet de trouble (voyez n° 363).

Pendant que le mécanicien s'occupe de la machine avec l'aide des personnes qu'il peut rassembler, le chef de train prend toutes les mesures dans l'intérêt des voyageurs et du train, ainsi qu'il est dit au n° 363. Son pre-

mier soin sera de prévenir les cantonniers et porter, à 1000 mètres en avant et en arrière du train, des signaux d'arrêt; s'il est forcé de confier ce soin à des hommes inhabitués au service, il leur donnera en peu de mots, très nets, les instructions pour l'usage des signaux et les précautions propres à les protéger eux-mêmes contre l'arrivée des trains, et il demandera les secours à la prochaine station, suivant les instructions du règlement.

## SECTION SEPTIÈME.

### ORGANISATION DU SERVICE DES LOCOMOTIVES ET DE LA TRACTION.

761. L'exploitation des chemins de fer se divise en trois services actifs distincts : 1° l'exploitation proprement dite comprenant le trafic commercial, l'organisation des trains et le mouvement des gares et stations; 2° la surveillance et l'entretien de la voie; 3° le service du matériel et de la traction ou remorquage. C'est dans cette division que rentrent les locomotives et tout ce qui en dépend, leurs approvisionnements, les ateliers où on les répare, les dépôts où on les réunit.

Le service de la traction est, sur plusieurs lignes, affermé à un entrepreneur qui est en même temps chargé, à ses risques et périls, de fournir et entretenir le matériel; d'autres compagnies entreprennent elles-mêmes leur traction. Enfin, il existe des systèmes mixtes de *régie-intéressée.* Nous n'avons pas à nous en occuper.

Quel que soit le système adopté, ce qu'il importe, c'est que le personnel de la traction soit organisé suivant une hiérarchie, où chacun ait ses fonctions nettement tracées, sans crainte de conflit avec les autres services.

Dans celui de la traction même, le problème est difficile; car il faut, tout en conservant l'unité de direction et d'action, diviser l'autorité et la surveillance sur un parcours souvent fort étendu.

762. Sous un ingénieur en chef, directeur général, il existe d'abord, outre les ingénieurs qui lui sont adjoints comme lieutenants, trois branches distinctes de service :

*La traction* ou service de remorquage des trains;

*Les ateliers* où les machines sont construites et subissent les réparations principales;

*Les magasins* où sont en réserve les pièces de rechange, agrès et approvisionnements à l'usage des machines.

Chacun de ces services est sous la direction d'un chef. On n'est pas d'accord sur la hiérarchie qu'il convient d'établir entre eux. Mais le seul point qu'il importe d'établir ici est que le chef de la traction a sous sa direction immédiate les mécaniciens, les dépôts dont il va être parlé et les réparations qui s'y exécutent sur les machines; il reçoit celles-ci et les déclare aptes au service, ou il les renvoie aux ateliers; il les répartit dans les dépôts; il rédige les *ordres de service*; il règle le tour de service des mécaniciens, les choisit et les présente à la nomination du directeur ou ingénieur en chef; il prononce sans appel sur leurs contestations avec les chefs de dépôts et avec leurs chauffeurs; il inflige les punitions, ordonnance les primes et propose l'avancement; il contresigne les demandes d'approvisionnements faites aux magasins centraux par les dépôts. Enfin, il exerce une inspection générale sur l'ensemble du service de la ligne : aussi lui donne-t-on quelquefois le titre d'inspecteur général, chef de traction.

Lorsque la ligne a beaucoup d'étendue, le chef de traction partage sa surveillance et sa direction entre un nombre voulu d'inspecteurs ou sous-chefs divisionnaires qui relèvent de lui, reçoivent directement ses ordres, s'assurent que le service se fait régulièrement, que les machines sont en état, les dépôts et remises de machines bien tenus, leur matériel en ordre, leur comptabilité au courant et fidèle; ils s'enquièrent des causes de retard, se rendent immédiatement sur le théâtre des accidents d'après l'avis qui leur en est transmis par les chefs de dépôts et de stations; ils en recherchent les causes, en constatent les circonstances; ils prennent, au nom du chef de traction, les décisions urgentes et lui adressent du tout leurs rapports.

763. Viennent ensuite dans l'ordre hiérarchique les *chefs de dépôts* dont il sera parlé en nous occupant des dépôts eux-mêmes (766), puis les mécaniciens chargés de conduire les locomotives, et enfin les chauffeurs, graisseurs, visiteurs et novices. Il a déjà été parlé de ces divers employés (n° 720).

A chaque mécanicien est assignée nommément une machine que seul il gouverne et qu'il entretient sous sa responsabilité : les plus avantageuses se donnent aux plus anciennement admis dans l'administration, les autres aux nouveaux.

C'est une question encore fort incertaine de savoir s'il convient de faire réparer à forfait les machines par leur mécanicien, ou s'il faut centraliser les réparations sous une seule et unique direction.

La réparation à forfait par les mécaniciens interrompt moins le service; elle les intéresse à la conservation de leur machine; elle occupe leur temps de repos, et elle

forme des hommes instruits ; elle soulage beaucoup l'atelier central, où les grosses réparations peuvent seules se faire sans le concours du mécanicien.

Ce système a par contre le défaut que si le mécanicien est inhabile ou sans conscience, il pallie plutôt qu'il ne répare les avaries de sa machine ; il lui fait subir des réparations inintelligentes ou trompeuses qui lui permettent, il est vrai, de continuer provisoirement son service, mais qui deviennent tôt ou tard une source d'énormes dépenses, quand elle rentre enfin subir à l'atelier ses grosses réparations. Sans doute, il existe alors un recours ou des punitions contre le mécanicien ; mais que de difficultés et de discussions sur ce point dans la pratique !

A chaque mécanicien est attaché un chauffeur ou plutôt un élève qui lui sert d'aide et qu'il doit former avec tous ses soins. Il importe au service qu'ils soient en parfaite intelligence, la fermeté unie à la douceur et aux égards, l'empressement à expliquer les règles de la conduite, sont les devoirs du mécanicien. Ceux du chauffeur sont la soumission, la déférence. Entre eux, qu'il y ait des rapports amicaux, mais pas de familiarité ; que chacun ait sa part déterminée dans l'entretien que réclame la machine, et qu'en marche le mécanicien n'expose pas la vie de son chauffeur novice par ces manœuvres que la prudence ne permet qu'aux hommes sûrs d'eux par une grande habitude. (Voyez n[os] 359, 360 et 361.)

Le règlement des compagnies est ordinairement avec raison très-sévère contre les fautes mutuelles des mécaniciens et chauffeurs.

764. On ne demande au chauffeur d'autre noviciat que d'avoir travaillé à la réparation des machines et d'avoir monté quelque temps sur celles qui font le ser-

vice des gares avant d'être employé à la conduite des trains.

Pour mieux s'instruire, il convient de le changer de mécaniciens tous les cinq ou six mois, afin qu'il puisse comparer leur méthode. Passer d'ailleurs d'un service à un autre plus avantageux, d'un maître à un autre plus capable de le bien former ; c'est une sorte d'avancement dans son noviciat.

Parmi les *moyens de constater la capacité des mécaniciens et chauffeurs*, se sont rencontrés naturellement les examens ; mais on a dû y renoncer parce qu'ils faisaient écarter des sujets expérimentés, mais embarrassés pour formuler leur réponse, tandis que des hommes, peu instruits, mais beaux parleurs, parvenaient à faire illusion sur leur capacité. Le savoir n'est pas d'ailleurs, on l'a vu, la seule garantie que doivent offrir les hommes appelés à conduire des trains. Si le choix, purement volontaire du chef de traction, a aussi ses inconvénients comme tout ce qui tient au plein gré des chefs, c'est cependant encore celui qui permet le mieux de composer le corps des mécaniciens et chauffeurs.

L'instruction qu'on exige d'eux en les admettant peut se borner à la connaissance de ce qu'on enseigne dans les écoles primaires, c'est-à-dire la lecture courante, l'écriture lisible et passablement correcte et les quatre règles fondamentales de l'arithmétique ; mais il faut qu'ils connaissent, sinon la théorie, du moins la composition de la locomotive dans tous ses détails, et qu'ils soient assez bons ouvriers-ajusteurs pour faire à leurs machines pendant la marche les réparations urgentes.

Les règlements administratifs exigent que les mécaniciens aient fait au moins sur les locomotives deux ans de

noviciat comme élève ou chauffeur, et que leur capacité soit constatée par un certificat (art. 74 de l'ordonnance de 1846).

Les mécaniciens et chauffeurs, comme tous les employés de chemin de fer, sont astreints, non-seulement à leur service régulier et ordinaire, mais aussi à tout service extraordinaire, pour lesquels ils sont requis par leur chef, le salaire fixe et annuel qu'ils reçoivent étant réglé en raison de cette éventualité.

La sobriété, la prudence, le sang-froid, la résolution et l'intelligence sont leurs vertus essentielles ; l'adresse et l'agilité plus encore que la force physique, une bonne vue, une bonne santé, l'oreille assez fine pour entendre les claquements de la machine sont encore pour eux des qualités requises.

765. *Le service des locomotives* et des mécaniciens est ou actif ou sédentaire. Outre celles qui remorquent les trains, dans les principales gares et stations, il y a, d'après les prescriptions ministérielles, une ou plusieurs locomotives en feu, dites de réserve ou de secours, pour aller à la rencontre des trains en détresse, remplacer la locomotive qui manque à l'instant du départ, et faire les manœuvres de gares. Ce service, qu'on nomme sédentaire par opposition à celui de la ligne, se fait ordinairement par les locomotives neuves et les nouveaux mécaniciens qui s'essayent ainsi à de petits parcours sous l'œil des chefs de dépôts, qui les aident au moins de leur conseil.

A un autre point de vue, c'est un service très-difficile, du moins exigeant beaucoup de prudence et d'attention pour éviter les collisions dans les gares toujours encombrées et les fausses manœuvres dans les croisements de

lignes non moins multipliés ; et en cela, il est encore très-bon pour former les novices.

Le service actif et régulier de la ligne se fait par des machines et des mécaniciens qui ont fait leurs preuves : il est organisé de manière à laisser aux hommes le repos que leur état pénible demande, et aux machines le temps de les entretenir et les réparer. L'expérience, le climat, la nature, les besoins du service, les conditions des machines, permettent seuls de régler cette organisation.

Les chemins de fer d'une certaine étendue se divisent en sections de 150 à 200 kilomètres.

Ce sont en quelque sorte des relais où le train change de locomotive et de mécanicien. Sur nos premiers chemins de fer, une machine ne fournissait parfois pas plus d'une cinquantaine de kilomètres consécutifs. Aujourd'hui, le parcours serait presque illimité si les mécaniciens et chauffeurs, fatigués et exposés aux injures du temps, n'avaient besoin de repos au bout de 4 à 5 heures de voyage. A chaque section de la ligne sont donc affectés un certain nombre de machines et de mécaniciens ou chauffeurs. Les graisseurs et visiteurs ont environ douze heures de repos après vingt-quatre heures de service.

766. Aux deux extrémités de la section sont établis des *dépôts* où les machines sont remisées, entretenues, réparées au besoin pendant que leurs conducteurs se reposent.

Le dépôt est commandé par un chef, contre-maître, ajusteur, connaissant à fond le mécanisme et la conduite des locomotives, capable de les faire réparer, en état de tenir leur comptabilité, ayant l'esprit d'ordre, le goût de la propreté, le caractère ferme, conciliant et posé : les chefs de dépôts ont sous leurs ordres directs un certain nombre d'ouvriers et de manœuvres ; ils ont autorité sur

les mécaniciens et chauffeurs de la ligne, tant que ceux-ci sont dans leurs dépôts, même en passant. Presque camarades et souvent anciens compagnons de ceux auxquels ils commandent, et qui leur doivent obéissance et respect, ils doivent être avec eux sans hauteur, mais sans familiarité. Ils leur font connaître les ordres de service, veillent à ce que les mécaniciens dirigent bien l'éducation des novices, reçoivent leur rapport à leur rentrée au dépôt, constatent l'état de leur machine, surveillent leur entretien; enfin, ils sont, sur toutes les lignes, chargés d'aller à la rencontre des trains en détresse.

767. On *distingue plusieurs classes de dépôts* suivant le nombre de locomotives que les besoins du service y appellent.

Les *dépôts de première classe* sont aux extrémités de la ligne et aux principaux embranchements. On y pratique ordinairement les réparations des machines qui ne demandent que peu de jours et peu d'outillage. Les autres s'exécutent aux ateliers généraux. Ces dépôts reçoivent pour leur réparation leurs pièces de rechange des magasins centraux.

Voici comment se composent les dépôts de première classe :

1. Une remise pour un nombre suffisant de machines prêtes à prendre leur service; sa meilleure forme est celle d'une rotonde, avec deux plaques tournantes, pour changer la direction des machines; une de première grandeur, dans la remise, pour tourner ensemble le tender et la machine; et une autre, de deuxième grandeur, en cas de réparation à la première.
2. Une seconde remise bien éclairée, pour recevoir les machines à réparer.
3. Un grand réservoir élevé, dont l'eau remplit les tenders et fournit la chute nécessaire au lavage des machines; avec une pompe pour alimenter le réservoir. (Voyez nos 523 et suiv.)
4. Une grande grue pour lever les machines. (Voyez n° 599.)

5. Le logement et le bureau du chef de dépôt.
6. Le dortoir des mécaniciens qui descendent de service.
7. Le corps de garde ou chambre commune des hommes du dépôt.
8. Un magasin de pièces de rechange, matière à graisser ou à joint, etc., tirées du magasin central, qui en fait la délivrance sur un bon certifié par le chef de traction ou son délégué spécial.
9. Un chantier, clos de barrières, pour le dépôt du combustible.
10. Un atelier de lampiste garni de ses étagères pour déposer les lampes en bon ordre.
11. Un petit atelier de réparation, composé de : 1 forge-maréchale avec ses accessoires, 1 tour à charrioter ayant environ 2 mètres de banc et 30 centimètres sous pointes, 1 petite machine à planer ou buriner (dite limeuse), 1 machine à percer et 3 ou 4 étaux sur établis.
12. Une petite machine à vapeur de 4 chevaux avec sa chaudière, pour mouvoir l'atelier et la pompe qui remplit le réservoir.
13. Plusieurs *grues hydrauliques*, ou appareils analogues, pour remplir les tenders. Ce qu'il importe en ces appareils d'alimentation, c'est qu'ils débitent environ 1500 litres d'eau par minute, qu'ils soient, ainsi que le réservoir, à l'abri de la gelée pendant l'hiver et très-bien entretenus.
14. Une pompe à incendie avec ses accessoires, toujours prête à partir au premier signal, entretenue et graissée comme il convient.
15. Un wagon de secours, prêt à partir comme la précédente au premier signal. Sa présence est exigée par l'art. 41 de l'ordonnance de 1846. Il contient : 1° un petit atelier ambulant, c'est-à-dire un étau monté sur un établi avec les outils d'ajusteur; 2° une boîte de secours pour le pansement des blessés; 3° les pinces, crics, leviers, chèvre, madriers et cordes propres à relever les machines ou wagons déraillés; 4° deux paires de roues de rechange, toutes montées, avec leur boîte à graisse pour wagons; 5° les signaux nécessaires pour couvrir le train en détresse et prévenir les collisions; 6° des torches et fanaux pour éclairer les travaux pendant la nuit.

768. Les *dépôts de deuxième classe* entretiennent et nettoient les machines, mais ils n'y font que les menues réparations qu'on peut exécuter à la lime et au burin. Ils n'ont d'autre outillage que deux ou trois étaux. Mais ils ont remise de machines, plaques tournantes, petit magasin, réservoir, appareil hydraulique, pompes à bras ou à vapeur, pompes à incendie, logement du chef de dépôt et corps-de-garde.

Les *dépôts de troisième classe* sont des remises de réserve où sont deux locomotives, dont une allumée, prêtes à partir au secours des trains en détresse; leur emménagement est le même, aux dimensions près, que pour ceux de la deuxième classe. On y prépose d'ordinaire un ancien mécanicien ou un convalescent qui ne peut supporter les fatigues d'un service actif continu sur la ligne. Il n'a avec lui qu'un chauffeur et un manœuvre.

769. Pour donner plus d'unité au service, on dresse *un règlement concernant les mécaniciens*, chauffeurs, chefs et employés de dépôts, qu'on affiche dans la remise des locomotives. Un règlement ne doit pas tout prévoir; il faut laisser une certaine latitude aux chefs de service; mais ils gagnent eux-mêmes en autorité et en facilité de direction à ne pas tout abandonner à leur libre arbitre, surtout vis-à-vis d'un personnel sans cesse renouvelé, sur lequel les usages consacrés sont presque sans pouvoir. Le règlement doit être longuement médité, concis, mais explicite. Le chef et le directeur de la traction seuls font le règlement général. Le chef de dépôt peut en faire aussi sur l'organisation intérieure et privée de son dépôt, mais ils ne peuvent avoir d'autorité qu'après avoir été contresignés et approuvés par le chef de traction.

Nous croyons pouvoir présenter le projet de règlement qui suit (1).

---

(1) Voyez le Règlement des mécaniciens en Angleterre, *Annales des mines*, IV^e série, t. XI. Voici l'abrégé des points qu'il prescrit : Arrivée au dépôt (engine-shed), vérification; disques (buffen-light). Durée du service. (Les machines du North-Western vont maintenant de Londres à Birmingham et retour le même jour, 225 milles. *Id.* de Birmingham à Liverpool.) Rapport au chef de dépôt en arrivant. *Salaires.* Les meilleurs mécaniciens ont 7 sch. 1/2 par jour; chauffeurs, 4 sch.; un jour

**Règlement du service de la traction concernant les mécaniciens, chauffeurs, chefs et employés de dépôt.**

§ 1. — *Dispositions générales.*

Art. 1. Toutes demandes d'admission ou d'avancement sont adressées par écrit au chef de traction, avec un état des fonctions précédemment remplies par le pétitionnaire. Celui-ci sera prévenu à son domicile quand sa demande aura pu être admise.

Art. 2. Tout employé admis est censé connaître les règlements qui le concernent le jour où il commence son service, et il ne peut plus dès lors, pour les infractions, prétexter cause d'ignorance.

Art. 3. Est obligatoire, comme le service régulier, tout service analogue pour lequel un employé ou ouvrier est requis extraordinairement, même de nuit par son chef.

Art. 4. Un employé quelconque doit toujours obéir à un employé d'un grade supérieur, même d'un autre service, qui lui impose un ordre, après s'être borné à lui présenter doucement ses observations, sauf à à déférer ensuite le fait à son chef immédiat, à moins toutefois que l'ordre ne puisse donner lieu à des accidents de nature à menacer la sécurité des trains ou la conservation du matériel.

§ 2. — *Des chefs de dépôt et réserve.*

Art. 5. Le chef de dépôt ou de réserve a autorité sur ses employés, non-seulement dans le dépôt lui-même, mais dans toutes les parties de la gare dont ce dépôt dépend, pour tout ce qui concerne le service de la traction. Il règle les heures de présence desdits employés, leur répartit le travail, dresse l'état de leur salaire, leur lit les circulaires du chef de traction et les fait afficher dans le cadre qui leur est destiné.

Art. 6. Il surveille l'entretien et le nettoyage des locomotives, tenders, wagons, etc., attachés ou simplement en passage dans son dépôt, ainsi que les travaux qu'y exécutent les mécaniciens.

Art. 7. Il est responsable de la conservation et de la propreté des réservoirs, grues ou appareils hydrauliques, plaques tournantes, machines, outils, mobilier et bâtiment du dépôt, et même hors du dépôt, quand ils sont affectés au service de la traction.

Art. 8. Il ne délivre aux mécaniciens, chauffeurs ou ouvriers, aucun outil, matière, pièce de rechange, etc., sans un bon signé par eux et détaché d'un livre à souche. Il arrête chaque soir la comptabilité de son magasin ; il en tient au complet l'approvisionnement, en adressant au

---

supplémentaire se paye double ; un dimanche, 3 sch.; plus 1 caban dit pardessus (great-coat); prime de régularité, 5 livres.

chef de traction des bons du même genre pour le magasin central; et il est responsable de tous les objets à lui envoyés qui ne se retrouvent, ni dans son magasin, ni portés sur les reçus comme ayant été délivrés par lui pour le service.

Art. 9. Il est spécialement chargé de veiller à ce que le mécanicien donne à son chauffeur de bons principes sur la conduite et l'entretien de la machine.

Art. 10. Il lui est interdit de recevoir et d'employer, même gratuitement, aucun ouvrier ou employé dans son dépôt sans l'ordre écrit du chef de traction; il ne peut, sans son ordre, prononcer aucune expulsion ni faire aucune vente ou acquisition pour le compte de la compagnie.

Art. 11. Il doit toujours, lui ou son suppléant régulièrement autorisé, être présent aux départs, arrivées et passages des trains, inspecter les machines et tenders, recevoir et même provoquer le rapport des mécaniciens sur ce qui intéresse le service; s'enquérir de la cause des retards; veiller à ce que les graisseurs et visiteurs des trains remplissent leurs fonctions; aller sur la machine de réserve au secours des trains en détresse, en se conformant au règlement des signaux et après en avoir reçu l'ordre du chef de gare.

Art. 12. Le chef de dépôt ne doit jamais s'absenter sans avoir fait connaître à son bureau le lieu où on pourra l'appeler en cas de besoin. S'il a un sous-chef, l'un d'eux, à tour de rôle, doit toujours être présent; dans le cas contraire, le chef de dépôt peut se faire suppléer par un mécanicien qui l'accepte volontairement, et auquel il en donne l'autorisation écrite.

Art. 13. Pour toute manœuvre et tout acte même de son service, hors de l'enceinte du dépôt, il s'entend avec le chef de gare aux ordres duquel il est tenu de se conformer, sauf à faire ensuite son rapport au chef de traction.

Art. 14. Il envoie à celui-ci le rapport circonstancié de tout ce qui se passe d'imprévu dans le dépôt et sur la section de la ligne y attenante.

§ 3. — *Des mécaniciens et chauffeurs de service.*

Art. 15. Les mécaniciens et chauffeurs sont sous l'autorité directe du chef du dépôt auquel ils sont attachés, mais ils doivent obéissance à tous les chefs de dépôts dans le ressort desquels ils s'arrêtent, même temporairement, ainsi qu'au chef du train qu'ils conduisent et au chef de la gare où ils passent, même sans manœuvrer.

Art. 16. Ils sont responsables du bon état et de la propreté de la machine qui leur est confiée, ainsi que de l'outillage, dont le mécanicien signe l'état.

Art. 17. Le mécanicien fait les joints, les garnitures de presse-étoupe et des boîtes à huile, le nettoyage de la robineterie, des soupapes de sûreté et autres pièces qui se trouvent en dedans de la galerie entourant la plate-forme; le reste du nettoyage est fait par les employés du dépôt.

Art. 18. Les mécaniciens et chauffeurs arrivent au dépôt assez longtemps avant le départ pour visiter la machine et s'assurer par eux-mêmes que tout est en état. Le graissage ne se fait que cinq minutes avant le départ.

Art. 19. Il leur est recommmandé de ne pas quitter le dépôt sans avoir pris connaissance des ordres de service affichés, et sans avoir reçu du chef les instructions et feuilles de route à eux destinés.

Art. 20. Le mécanicien vient à l'heure prescrite se mettre en tête du train; il ne doit jamais, et sous aucun prétexte, atteler et démarrer avant d'avoir reçu le signal du chef de train et donné lui-même un coup du sifflet à vapeur.

Art. 21. Dans la conduite, sa marche doit être uniforme, les arrivées aux heures et dans les délais prescrits. Il lui est défendu d'exagérer la vitesse pour regagner le temps perdu.

Art. 22. La place du mécanicien est sur la plate-forme de la locomotive, du côté de l'outre voie, regardant attentivement en avant. Celle du chauffeur est sur la plate-forme du tender à la portée du frein. Le mécanicien ne doit pas quitter la machine sur la ligne, et s'il y est forcé il doit y installer jusqu'à son retour son chauffeur ou un camarade apte à parer à toutes les éventualités.

Art. 23. Le mécanicien est tenu d'enseigner à son chauffeur les règles de conduite et d'entretien des machines. (Voy. art. 9.)

Art. 24. Un règlement particulier prescrit l'état de la marche des trains, les garages d'évitement, enfin les signaux que le mécanicien doit donner ou peut recevoir; celui-ci est sévèrement tenu de s'y conformer.

Art. 25. Seront aussi punis, selon les circonstances, les mécaniciens ou chauffeurs qui auront :

1° Surchargé les soupapes de sûreté;

2° Tenu en mauvais état les indicateurs de pression et de niveau d'eau;

3° Dépassé de plus de 100 mètres les stations où ils doivent arrêter;

4° Lancé la vapeur de leurs purgeurs ou l'eau de leurs robinets d'essai ou autres sur les personnes et les chevaux à leur portée, le long de la voie;

5° Été en retard par leur faute de plus de 15 minutes;

6° Devancé l'heure d'arrivée aux stations de plus de 5 minutes;

7° Cassé des attelages dans le train ou donné de fortes secousses aux voitures en démarrant;

8° Laissé chauffer des pièces frottantes par excès de serrage ou défaut de graissage;

9° Arrêté faute de pression dans la chaudière;

10° Jeté leur feu en route faute d'avoir bien entretenu le niveau d'eau;

11° Excédé, sans raison légitime, la quotité allouée des approvisionnements de toutes sortes;

12° Admis sur la machine des personnes non pourvues d'autorisations en règle;

Art. 26. Pourront être renvoyés les mécaniciens et chauffeurs qui auront :

1° Été surpris dans leur service en état d'ivresse ;

2° Brûlé le foyer de leur machine faute d'avoir bien entretenu le niveau d'eau ;

3° Causé, par négligence ou incurie, des accidents graves à leur machine, ou amené des collisions ;

4° Été coupables d'insurbordination contre leurs chefs de dépôts, de trains ou de gares pendant le service ;

5° Fait des dettes qu'ils ne peuvent payer, ou mené une conduite publiquement scandaleuse au lieu du dépôt où ils sont attachés ;

6° Détourné quelque objet que ce soit à la compagnie, à un camarade ou à un étranger, même en dehors du service.

§ 4. — *Des employés dans les dépôts.*

Art. 27. Les ouvriers et hommes de peine attachés à un dépôt entrent et se retirent aux heures prescrites par le chef. Outre la journée de travail ils doivent faire, à peine de renvoi, les heures supplementaires pour lesquelles ils sont requis.

A moins de conventions contraires et écrites, ils sont admis pour faire tous les genres de travaux que leur prescrit le chef de dépôt.

Art. 28. Ils lui remettent à leur admission leurs livrets, et ils les reçoivent de lui à leur sortie sans qu'il puisse y être indiqué autre chose que la durée pendant laquelle l'ouvrier a été employé.

Art. 29. Il leur est sévèrement interdit de toucher aux locomotives ou tenders, non plus qu'au matériel du dépôt, sans la permission du chef ou de son suppléant, et s'ils ont reçu l'ordre d'y faire quelque travail, ils doivent se borner strictement à l'ouvrage prescrit sans toucher aucune autre pièce.

Art. 30. Un règlement particulier du chef de dépôt prescrit l'heure et le mode pour nettoyer et allumer les machines, éteindre leur feu, faire les provisions, le remisage et la manœuvre des plaques tournantes, ainsi que toutes les mesures à prendre pour la propreté du dépôt et de ses abords. Ces règlements seront soumis à l'approbation du chef de traction.

Art. 31. L'article 26 ci-dessus est applicable à tous les employés du dépôt.

§ 5. — *Des mécaniciens et chauffeurs de dépôt et de nuit.*

Art. 32. Ils sont assimilés aux ouvriers de dépôt et doivent se conformer aux articles 27 et suivants. Pendant le temps qu'ils ne montent pas leur machine ils sont employés à tous les travaux d'ouvrier ajusteur, mais non d'homme de peine, qui leur sont commandés par le chef de dépôt.

# CHAPITRE III.

## Locomobiles.

### SECTION PREMIÈRE.

#### BUT ET AVENIR DES LOCOMOBILES (1).

770. Les locomobiles sont des machines à vapeur, non pas capables de se mouvoir elles-mêmes comme les locomotives de chemins de fer, mais susceptibles d'être transportées d'un lieu dans un autre, et montées sur un train de chariot attelé de un ou plusieurs chevaux. On ne saurait mieux les définir qu'en les appelant machines à vapeur ambulantes.

Leur origine dans les établissements d'industrie est ancienne. M. Cavé en a construit deux il y a une douzaine d'années. Mais ce n'est que vers 1850 que leur emploi s'est généralisé, particulièrement dans les grandes exploitations agricoles. L'exposition de Londres en 1851 en comptait dix-sept ; vers cette époque, ces machines

(1) M. Calla a bien voulu nous aider à revoir ce chapitre.

ont commencé à se construire en France dans les ateliers de MM. Calla et Lotz, à Paris et Nantes. L'exposition universelle de 1855 en a offert un grand nombre de diverses forces et systèmes. Aujourd'hui elles sont très-répandues dans l'agriculture et dans l'industrie, et il est aisé d'entrevoir qu'un grand avenir leur est réservé.

771. Il est temps de mettre la machine à vapeur à la portée de tous dans les campagnes. Que la locomobile, encore trop délicate et trop coûteuse, achève de réunir les conditions fondamentales que son emploi *vulgaire* demande, et on ne la trouvera plus exclusivement employée dans les grandes exploitations où la multitude des travaux suffit à l'occuper toute l'année. On la verra dans toutes les communes rurales en la possession d'entrepreneurs qui en loueront à l'heure le travail, tantôt au petit métayer qui a à mouvoir une machine à battre, un moulin, un crible ou un pressoir; tantôt au tuilier ou au fabricant de plâtre, puis au meunier dont le cours d'eau est à sec ; le charron ou le serrurier de village ajouteront naturellement à leur industrie cette location de la locomobile, dont eux-mêmes tireront d'utiles services quand on n'en louera pas le travail, et dont l'entretien leur sera facile. Les anciens mécaniciens des chemins de fer et de la marine ayant quelques épargnes et fixant dans la campagne la résidence de leurs vieux jours, pourront de même y entreprendre la location des locomobiles, dont la conduite et l'entretien, en leur permettant de continuer doucement leur industrie, leur assureront des moyens d'existence.

772. Établissons sommairement quels frais et quels bénéfices entraînera cette spéculation.

La locomobile *rurale*, telle que nous la comprenons, ne

devrait pas, avec ses accessoires, coûter plus de 3000 fr. au maximum ; pour la traîner il doit suffire d'y atteler un cheval de médiocre valeur (600 fr. environ), tel que le possèdent dans la campagne les paysans moyennement aisés, soit donc 4000 fr. au plus de première mise de fonds pour l'acquisition, le transport, les frais de formalités administratives et autres. Voyons quelle sera la dépense annuelle à couvrir.

Voici d'abord les frais généraux pour l'année :

| | |
|---|---|
| Intérêts de la mise de fonds (à 5 pour 100) . . . . . | 200 fr. |
| Nourriture et entretien du cheval (1f,70 par jour). . | 600 |
| Frais divers imprévus. . . . . . . . . . . . . . . . . | 100 |
| Total des frais généraux. . . . . . | 900 fr. |

Supposons ces frais généraux à couvrir par 200 jours de travail seulement dans l'année : la somme afférente à chaque jour sera 4 fr. 50 c.

Ceci posé, voici à peu près quels seront en totalité les frais par jour de service de 10 heures :

| | |
|---|---|
| Frais généraux. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4f,50 |
| Combustible de qualité médiocre, 10 kilog. par heure, à 35 fr. la tonne, soit par jour. . . . . | 3 ,50 |
| Graissage des articulations, 2 k. d'huile ou graisse à 1f,45. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 ,90 |
| Réparation des garnitures. . . . . . . . . . . . . | 2 ,10 |
| Usure et dépréciation. . . . . . . . . . . . . . . . | 12 ,00 |
| Total des frais quotidiens. . . . | 25f,00 |

A ces frais il faut ajouter la nourriture du mécanicien chargé de la conduite et de la manœuvre ; mais par contre, il faut observer que les arrangements faits avec le locataire pour la fourniture du combustible, de l'huile, de la nourriture du mécanicien, pourront notablement diminuer le prix de location.

Quoi qu'il en soit, si on observe quelle quantité de travail peut rendre une locomobile forte de 3 chevaux et pouvant prendre toutes les allures, il est évident que les frais, même avec un prix de location modéré, peuvent encore donner de beaux bénéfices à l'entrepreneur, dût-il la faire chômer plus d'un tiers de l'année.

Il est à notre connaissance que des locomobiles louées avec une machine à battre le blé, dans les départements du centre, à raison de 80 fr. par jour tout compris, même deux à trois hommes de service, ont trouvé beaucoup d'ouvrage à faire en donnant des bénéfices certains au locataire comme au loueur.

773. Nous ne sommes pas assez versé dans les questions d'économie agricole pour indiquer par nous-même le bénéfice que fournira aux locataires l'emploi des locomobiles, mais nous citerons quelques faits.

1° Nous avons sous les yeux les rapports de la Société royale d'agriculture anglaise, du jury de l'exposition de 1851, des concours d'Exeter en 1850, de Glocester, d'Orléans, de Rhodez, Angers, etc., qui tous regardent l'introduction des locomobiles dans les travaux agricoles comme un immense progrès, quoique plusieurs de ces commissions scientifiques n'aient pas regardé les machines soumises à leur examen comme réunissant encore toutes les conditions voulues.

2° Divers constructeurs de locomobiles, notamment M. Lotz de Nantes, ont bien voulu nous transmettre de nombreux certificats constatant les services de toute nature rendus par ce genre nouveau de machines.

3° M. Garett, un des mécaniciens anglais dont les travaux sur les locomobiles ont reçu le plus de récompenses, estime que le cinquième du produit d'une ferme est ab-

sorbé par les chevaux; nous ne garantissons pas cette évaluation, mais il a ajouté qu'en supposant le prix du charbon à 25 fr. la tonne, une locomobile fait, pour le prix total de 20 centimes, l'ouvrage que les chevaux font à l'heure pour le prix de 1 fr. 25 centime.

4° Suivant M. Clayton une locomobile de quatre chevaux conduisant une machine à battre le blé peut lui en faire rendre de 65 à 75 hectolitres en 10 heures.

5° Dans l'industrie il suffit, pour apprécier l'avantage des locomobiles, de citer, avec M. Calla, l'exemple d'une locomobile de 6 chevaux qui, en 24 heures, a permis d'effectuer, sur trois points différents et distants de 1 à 2 kilomètres, les ouvrages suivants : dans une fonderie, elle a fait mouvoir le ventilateur soufflant; sur un quai, elle a manœuvré des pompes d'épuisement; dans un atelier de construction de machines et pendant la nuit, elle a fait marcher les outils d'ajustage.

Si, avec tant d'avantages, les locomobiles n'ont pas encore reçu l'emploi vulgaire et général auquel leur avenir les appelle, c'est qu'elles sont encore souvent trop coûteuses et trop délicates pour être confiées loin de la surveillance des ingénieurs à des conducteurs peu expérimentés. Précisons donc d'abord leurs conditions fondamentales, puis passons en revue leurs dispositions.

## SECTION DEUXIÈME.

### CONDITIONS FONDAMENTALES DES LOCOMOBILES.

774. On peut faire des locomobiles de toutes forces, de tout système et pour tout usage, pour le besoin des grandes exploitations agricoles ou industrielles; mais il

importe de s'appliquer principalement *à la locomobile rurale* (*portable farm-engine*). Ce qu'on doit dire de sa conduite et de ses conditions générales s'applique d'ailleurs à toute locomobile.

Il faut d'abord poser en principe que :

1° Une locomobile est destinée à être traînée partout, jusque dans les plus mauvais chemins de campagne.

2° Sa conduite et son entretien doivent pouvoir être confiés à des hommes auxquels une intelligence ordinaire et une courte pratique suffisent. Toute locomobile qui aurait besoin d'un ingénieur ou d'un mécanicien d'élite, comme sur les chemins de fer et les bateaux, manquerait par là même son but.

Voyons d'après cela quelles seront les conditions générales. Nous en indiquerons cinq :

775. 1re CONDITION. *Légèreté.* D'après ce qu'on a vu aux nos 54 et 55, un bon cheval traîne sur un chemin médiocre 150 kilogrammes, et le coefficient de traction varie pour les conditions moyennes entre 0,05 et 0,08. Pour les mauvais chemins de campagne ce dernier nombre n'a certes rien d'exagéré. On aurait, d'après cela, pour poids de la locomobile vide, $\frac{150}{0,08} = 1875$ kilog.

On voit, par le tableau N du chapitre V, qu'en effet les locomotives de 4 chevaux sont au-dessous de ce poids ou ne l'excèdent pas d'une manière notable. Bien que la force de 4 chevaux suffise à la plupart des travaux ruraux, il faut faire des vœux pour que le poids des locomobiles s'abaisse encore ; car le poids indiqué ci-dessus devient trop fatigant pour un seul cheval dans les chemins tout à fait mauvais. Il faudrait même pouvoir ne pas excéder 1500 kilog.

776. 2ᵉ CONDITION. *Simplicité du mécanisme.* La locomobile doit être réduite strictement aux organes indispensables, afin d'en rendre la manœuvre très-facile, et qu'un charron ou serrurier de campagne intelligent puisse en faire presque toutes les réparations; peu de pièces en fonte, aucune pièce qui ne soit facile à forger par les procédés vulgaires, assemblages faciles et presque grossiers, dispositions compréhensibles à première vue, point de ces combinaisons savantes où s'applique dans d'autres machines le génie du constructeur.

Le jury du concours de Glocester, en 1853, a exprimé l'opinion que les locomobiles connues jusqu'alors étaient trop compliquées, et qu'il fallait engager les auteurs à les simplifier, sous peine de manquer entièrement leur but.

777. 3ᵉ CONDITION. *Entretien facile.* Les locomobiles fonctionnent presque toujours dans de mauvaises conditions : eau impure et même bourbeuse, combustible de toute nature et qualité, poussière de nature à encrasser le mécanisme, matière lubréfiante de qualité médiocre, travail très-variable, production de force motrice non moins sujette à variation, surveillance souvent peu suivie, état plus ou moins imparfait de l'appareil lui-même, connaissance incomplète peut-être de ce qu'il faudrait pour en tirer le meilleur parti : voilà quelques-unes de ces mauvaises conditions qui demandent à ce que le constructeur rende très-aisés le nettoyage et la visite de toutes les parties de l'appareil, le démontage et l'assemblage des pièces.

Parmi les mesures générales à prendre dans ce but, nous indiquerons de suite au constructeur le repérage des pièces (306) indiqué par des signes gravés défiant toute méprise et même par des mots en toutes lettres. Cette

précaution, excessive pour une machine confiée à un habile mécanicien de profession, n'a rien de superflu pour aider le conducteur de locomobile, qui n'est souvent rien moins qu'un homme spécial comparable à un mécanicien.

778. 4e Condition. La locomobile doit se prêter à *toutes les allures et tous les genres de travaux*, du moins à ceux pour lesquels il suffit au moteur de transmettre un mouvement circulaire continu. On sait que par les agencements mécaniques tout mouvement circulaire peut être converti en mouvement rectiligne alternatif et réciproquement; mais on conçoit que ce ne peut être le rôle de la locomobile. Dans celle-ci comme dans toute machine à vapeur ordinaire, la force motrice du piston fait tourner un arbre sur lequel est montée une poulie qui reçoit une courroie et transmet, par son intermédiaire, à une autre poulie *dite de renvoi*, le même mouvement circulaire (voyez fig. 15). Suivant le diamètre respectif des poulies, le mouvement de la machine peut être accéléré ou diminué; mais c'est dans l'appareil que fait ainsi mouvoir la locomobile que sont les organes mécaniques modifiant la direction du mouvement circulaire reçu.

Que la locomobile ait donc seulement une ou deux poulies de rechange; que l'on donne la direction à la poulie de renvoi en tenant les bandes de la courroie *croisée* ou *parallèles*, selon les cas, sans qu'il y ait d'appareil de renversement de marche, parce que ce sont des organes compliqués; que, par un mécanisme simple, on puisse varier, à volonté, l'introduction de la vapeur dans le cylindre moteur, et voilà tout ce qu'il faut pour que la présente condition soit remplie.

779. 5e Condition. *Précautions contre les accidents.* Par les motifs déjà indiqués aux nos 774 et 776, il importe que

toutes précautions soient prises pour empêcher que les locomobiles soient cause d'accidents tels qu'incendie des bâtiments ou dépôts voisins et avaries dans les appareils mis en mouvement. Les avaries dans la locomobile elle-même, telles que coups de feu, explosion, épanchement d'eau et vapeur, rupture de pièces, doivent être également prévenues avec un soin particulier. En examinant les diverses parties de la locomobile, nous nous efforcerons d'indiquer ces précautions à prendre. Il suffirait d'un seul accident grave pour ôter aux locomobiles pour longtemps la confiance dans tout un pays, vis-à-vis de gens que toute innovation inquiète. Il importe donc que les métaux employés, et particulièrement la tôle de la chaudière, soient de première qualité, que le travail soit soigné à l'égal de celui des meilleurs appareils, que les ingénieurs départementaux, chargés de la surveillance des machines à vapeur, les jugent dignes de tout leur intérêt, et qu'enfin elles ne soient achetées que chez les constructeurs dignes de toute confiance.

Mais, en même temps, qu'il n'y ait aucun luxe d'exécution, pas d'ornements, point de polissage inutile, que le strict nécessaire soit bien traité comme travail et comme matière première, voilà tout ce qu'il faut et rien de plus.

780. Les conditions qui viennent d'être énumérées regardent, avons-nous dit, toutes les locomobiles. Mais le poids indiqué au n° 775 se rapporte spécialement à la *locomobile rurale* propre à être transportée partout. Sa force correspondante peut être d'environ 4 chevaux. Cette puissance motrice lui permet d'entreprendre économiquement presque tous les travaux de la campagne.

Dans les grands établissements agricoles ou indus-

triels, on peut avoir besoin de machines plus puissantes. MM. Clayton et Shuttleworth, dans une notice qu'ils distribuaient aux expositions universelles de Londres et de Paris, ont déterminé ainsi qu'il suit la puissance à donner aux locomobiles, suivant le travail qu'on leur veut demander :

1re *Force de 4 chevaux* (1). Convient aux petites localités ; avec une récolte d'un produit moyen, elle fait battre, à la satisfaction de celui qui l'emploie, de 65 à 75 hectolitres par journée de dix heures ; le plus souvent, un cheval suffit pour la mouvoir d'un endroit à l'autre, et on peut la faire circuler dans une ferme où une machine d'un plus grand poids serait d'un usage difficile. Elle coûte 4375 francs et pèse vide 2000 kilog. (Voir tableau N du chapitre V.)

C'est la *locomobile rurale* proprement dite ; mais ce poids et ce prix sont beaucoup trop élevés.

2e *Force de* 5 *chevaux*. Cette machine bat de 85 à 95 hectolitres de blé fauché par jour. Dans les contrées où les fermes sont très-subdivisées, elle est propre à être prise en location ; les fermiers la préfèrent à cause de sa légèreté, car il faut qu'ils l'envoient chercher ou qu'ils la renvoient. Deux chevaux suffisent pour la traîner aisément sur une route tolérable. Prix, 4750 francs ; poids, 2500 kilog.

---

(1) Le constructeur n'indique pas s'il entend parler de la force nominale ou réelle, et si ce sont effectivement des chevaux de 75 kilogrammètres (G). Il sera très-essentiel de faire nettement expliquer sur ce point celui auquel on achète une machine. Quelquefois elle ne donnera que juste la force annoncée. D'autres fabricants, M. Calla, par exemple, annoncent que la force effective dépasse de 30 à 40 pour 100 la force nominale vendue, de sorte que sa machine de 3 chevaux en vaudrait 4 ou 5 en réalité.

3ᵉ *Force de* 6 *chevaux.* Les constructeurs recommandent particulièrement cette machine aux propriétaires fonciers et aux agriculteurs comme applicable à toutes les opérations dans lesquelles la vapeur est l'agent principal, soit pour battre, soit pour moudre le grain, etc. Deux chevaux suffisent pour la traîner. Cette machine bat avec facilité de 95 à 115 hectolitres à l'heure. Prix, 5250 francs; poids, 2700 kilog. (Voyez tableau N du chapitre V.)

4ᵉ *Force de* 7 *chevaux.* Cette machine est surtout faite pour les contrées où les terres à blé sont d'une grande étendue, et doivent en outre servir à d'autres opérations que celles de battre le grain, comme de scier, pomper, et traîner tous les instruments de la grange dans quelque endroit que ce soit de la ferme. Les constructeurs ont vendu un grande nombre de ces machines pour des usages particuliers ou pour les donner en location. Elles conviennent également pour les petites comme pour les grandes journées d'ouvrage et consomment le combustible en proportion du travail opéré; ce sont les machines les plus avantageuses pour ceux qui battent le grain à prix fait, parce qu'elles conviennent également à un grand ou à un petit propriétaire. Avec une assez belle récolte, une de ces machines peut battre de 115 à 135 hectolitres de blé fauché dans une journée de dix heures. Prix, 5750 fr.; poids, 3000 kilog.

5ᵉ *Force de* 8 *chevaux.* Cette machine convient surtout dans une grande ferme où il y a des moulins et des instruments de grange à mouvoir. On peut battre une quantité considérable de blé avec une machine de cette force. Mais, en général, il faut compter en dix heures, de 155 à 175 hectolitres. Prix, 6250 francs; poids, 3450 kilog.

6° *Force de 10 chevaux* (2 cylindres). La force de cette machine est plus grande que celle dont les agriculteurs ont besoin; cependant dans de grandes fermes où il faut mouvoir des meules, un grand nombre d'instruments d'exploitation, et où il y a beaucoup de bois à scier, cette machine est précieuse; dans tous les cas, un peu plus de force additionnelle est toujours désirable; quand toute sa puissance n'est pas en jeu, la consommation de combustible est en rapport direct avec l'ouvrage exécuté. Les constructeurs ont vendu de ces machines en Écosse pour les opérations d'exploitation. Une machine de cette puissance peut battre une quantité considérable de grains; mais, en général, elle produit en dix heures de 175 à 195 hectolitres de blé fauché. Prix, 7125 francs; poids, 3750 kilog.

## SECTION TROISIÈME.

### DIVERSES PARTIES DES LOCOMOBILES.

Dans une locomobile, il faut distinguer la chaudière, le mécanisme moteur et la transmission de mouvement, enfin le train ou chariot.

#### § I. — Chaudière.

781. Le système réunissant le plus de surface de chauffe au moindre poids doit être préféré, mais à la condition qu'il soit simple, facile à nettoyer, peu sujet à s'engorger par des accumulations de tartre (74), et réparable sans trop de peine, en cas d'avarie, par les moyens ordinaires et connus.

C'est dans la chaudière tubulaire dite des locomotives

(178 et suiv.) ou à retour de flamme (198), qu'on a jusqu'ici cru trouver la plus complète réunion de ces conditions.

A ce qui a été dit sur ces deux types de chaudière en la première partie il importe d'ajouter quelques observations pratiques :

*Les tubes*, en laiton ou en fer étiré, doivent avoir une faible section pour offrir une grande surface sous un volume donné ; mais il faut éviter cependant de trop réduire cette section, afin de ne pas être forcé, comme sur les locomotives, d'exercer un violent tirage qui pourrait entraîner et projeter par la cheminée des morceaux de combustible embrasé pouvant incendier.

Il importe aussi, pour la facilité des réparations courantes, de choisir les tubes parmi ceux dont la forme et la dimension constituent des types connus et usuels en industrie. Ainsi, pour les locomotives, les tubes, ayant 45 ou 50 millimètres de diamètre extérieur sont un type usuel que débitent, en fabrication courante, un grand nombre d'ateliers de construction ou d'usines métallurgiques. Il en est de même, pour la marine, des tubes de 70, 80 et 100 millimètres. Nous conseillons donc aux constructeurs de locomobiles de choisir parmi lesdites séries les tubes qu'ils veulent employer, en donnant, quant à nous, la préférence au type de 50 ou 70 millimètres sur une longueur fixe de 1 mètre, $1^{m},50$ ou 2 mètres, afin d'éviter les rognures quand on coupe ces tubes.

782. L'abondance de tartre (74) que déposent dans la chaudière les eaux souvent impures et même boueuses, qu'on peut être forcé d'employer dans le service des locomobiles, force à donner un grand espace libre entre les tubes (184 et suiv.). Pour la même raison, il convient de

ne pas trop les approcher de l'enveloppe extérieure de la chaudière, surtout vers le fond. Les proportions admises dans les locomotives ne suffisent assurément pas. 2 centimètres entre les tubes, 10 entre eux et la tôle du corps cylindrique et 15 à 20 au-dessus du fond sont les nombres dont on ne peut guère, à notre avis, s'écarter.

Afin de faciliter le nettoyage entre les tubes, il convient de les disposer, non en quinconce comme dans les locomotives (fig. 1, planche 2, du 1er volume), mais en carré comme dans les chaudières marines (fig. 1 et 3, planche 3, du 1er volume).

Pour tenir étanches le bout des tubes dans les trous des plaques tubulaires, le meilleur système est assurément ici celui des viroles d'acier conservant 2 à 3 millimètres de saillie pour le serrage ultérieur (186). Il doit être donné par le constructeur un mandrin pour les chasser, avec toutes les indications de nature à aider le propriétaire ou l'ouvrier dans ce travail.

Quant à l'intérieur du corps cylindrique de la chaudière où sont logés les tubes, il faut éviter tout ce qui peut le compliquer sans nécessité ; ainsi pas de plaque tubulaire intermédiaire comme il en existe dans les locomotives, pas de déformations exigeant des tirants ou des armatures autres que celles qui sont indispensables pour consolider le haut des plaques tubulaires et réunir le foyer au corps cylindrique. (Voyez nos 180 et 181.)

783. *Le foyer* (178) peut, par économie, se faire en tôle de fer de première qualité. Qu'on adopte la forme des locomotives ou le type en retour de flamme (198), il faut que toute la surface intérieure du foyer soit facilement abordable, afin qu'on puisse souvent en faire l'inspection.

La forme la plus simple, où le métal est le moins con-

tourné, où le foyer pourra le plus aisément être remplacé, sera toujours la meilleure, et dans ce but, le type en retour de flamme avec un foyer cylindrique au milieu du corps tubé a été souvent préféré, parce que dans ce système, quand il est bien étudié, on peut enlever le foyer sans toucher aux tubes.

Il importe encore, à cause de l'impureté des eaux, de laisser entre les deux coffres du foyer au moins 10 à 12 centimètres, et d'y réduire, au moindre nombre possible, les entretoises qui les relient ensemble. (Voyez nos 180 et 181.)

784. Les locomobiles, non-seulement n'ont pas toujours de bons combustibles à consommer, mais elles sont forcées d'employer indifféremment aujourd'hui la houille, et demain le bois ou la tourbe, et même toute sorte de débris susceptibles de brûler. De là résulte la nécessité de donner à tout le générateur d'assez grandes surfaces de chauffe, eu égard à la force motrice voulue, et au foyer en particulier, des dimensions moyennes à peu près convenables à tous les combustibles, c'est-à-dire une assez vaste grille et une médiocre profondeur de foyer.

Quant à la pression pour laquelle doivent être timbrées les chaudières de locomobiles, elle ne saurait excéder 5 à 6 atmosphères, non à cause du danger de pressions supérieures, mais parce qu'il faudrait des tôles plus fortes, des organes mécaniques plus résistants, des joints et garnitures mieux faits, en un mot plus de poids dans l'appareil qu'on doit essentiellement alléger, et plus de soin dans sa conduite, qui doit être facilitée à tout prix (774).

Les appareils de sûreté prescrits ne doivent cependant pas être négligés ; nulle part ils ne sont, en effet, plus utiles que sur ces machines médiocrement conduites.

Les tubes de niveau d'eau, les robinets-jauges et, s'il se pouvait, le sifflet d'alarme, les robinets de vidange pour donner issue à l'eau boueuse et saturée, les bouchons de lavage, le trou d'homme, le manomètre et les soupapes de sûreté sont des accessoires indispensables de toute chaudière de locomobile (203 et suiv.).

785. *La cheminée* (158 et suiv.) qui surmonte la boîte à fumée doit être en tôle légère, haute de 3 à 4 mètres, et à charnières pour la rabattre au besoin en arrière. Pour l'empêcher de retomber, il vaut mieux employer une agrafe ou une fiche arrêtant à la main une charnière mobile plutôt qu'un contre-poids lourd et incommode, comme on l'a fait quelquefois.

La cheminée (158 et suiv.) est par elle-même assez énergique pour activer l'appel d'air dans le foyer des locomobiles; néanmoins, on y conduit souvent le jet de vapeur qui sort du cylindre; car il ne peut avoir d'autre usage, et il contribue ainsi à activer le tirage; mais il faut que celui-ci ne soit pas énergique au point de lancer hors de la cheminée des flammèches et des morceaux de braise pouvant causer des incendies.

Par précaution, il faut munir la cheminée d'un grillage intérieur comme sur les locomotives, ou d'un chapeau extérieur comme dans la fig. 15. Sur les indications de M. Lechâtellier, M. Calla a fait adopter à quelques unes de ses locomotives une *cheminée à pavillon* analogue à celle qu'on adapte aux locomotives chauffées au bois (fig. 14). On voyait à l'exposition universelle de 1855 un spécimen de cette disposition sur la chaudière de locomobile exposée par M. Durenne. On peut ainsi brûler sans danger la paille et les débris. (Voyez Bulletin de la Société d'encouragement, année 1855.)

La même précaution contre le feu nécessite sous le foyer l'application d'un cendrier empêchant la chute, à terre ou par côté, des moindres escarbilles embrasées. Les locomobiles anglaises se sont généralement fait remarquer en ce point aux exhibitions universelles de 1851 et 1855. Dans celle de Ransomes et Sims, on avait même poussé la précaution jusqu'à donner au fond du cendrier la forme d'une cuvette contenant de l'eau, où s'éteignent les escarbilles à mesure qu'elles tombent de la grille.

§ II. — Mécanisme des locomobiles.

**786.** C'est dans le mécanisme surtout que le constructeur peut s'appliquer à remplir les conditions d'allégement et de simplicité requises. Pourvu que le mouvement de rotation soit transmis à une poulie avec une vitesse uniforme et continue, qu'il y ait un régulateur (203) pour donner ou supprimer la vapeur et arrêter la marche ; un volant (33) et un pendule modérateur pour régulariser le mouvement et une poulie pour le transmettre ; qu'enfin, la puissance expansive de la vapeur soit utilisée dans des limites raisonnables : c'est tout ce qui est exigé. Il n'est pas même besoin que la direction du mouvement puisse être renversée, puisque la courroie qui communique de la poulie du moteur à celle de l'appareil à mouvoir peut donner à la dernière le mouvement dans un sens voulu, selon que ses bandes sont parallèles ou croisées (voyez n° 778).

Il convient même que l'organe distributeur soit réglé sans qu'il y ait à le toucher ni à l'enclancher, l'obturateur des lumières (255) donnant lui-même la détente fixe, pour laquelle on l'a originairement réglé (788).

Un bon système de machine à vapeur rotative, simple, non susceptible d'une rapide usure, conviendrait éminemment pour les locomobiles ; mais jusqu'ici le type préféré a été, comme dans presque toutes les industries en France, celui auquel on donne le nom de *mouvement de locomotive à cylindre fixe* (295), monté sur la chaudière, ou très-incommodément enfermé dans un coffre, à l'avant de l'appareil.

Le cylindre est destiné à ne s'ouvrir que par un seul côté, celui qui est opposé au presse-étoupe, par lequel sort la tige du piston. On ne doit jamais toucher au couvercle de ce dernier côté, de peur de le déranger, au grand détriment des fonctions de la machine, et en particulier de la tige qu'on pourrait forcer en remontant le couvercle en question.

Le mécanisme moteur ne doit comprendre qu'un seul cylindre à vapeur. Les organes tels que bielle, tige, etc., qui en dépendent, doivent être des plus simples, des plus faciles à assembler et des mieux protégés contre l'usure et le claquement. Il importe particulièrement de soigner l'attache de la tige du piston et de la bielle, les glissières qui guident rectilignement la première et l'articulation de la seconde. Dans cette articulation il faut *aciérer* et *tremper* le tourillon et la lunette.

787. Il importe beaucoup que le cylindre des locomobiles *soit enveloppé* et tenu très-chaudement à l'abri du refroidissement par l'air extérieur et la pluie. Il en est de même de la chaudière et des conduits de vapeur (voy. n° 89). Les expériences exécutées en Angleterre sous les yeux de la Société royale d'agriculture l'ont prouvé pour onze des locomobiles exposées au Palais de cristal

de Londres en 1851, et voici les résultats obtenus (1) :

| NOMS des CONSTRUCTEURS. | FORCE effectuée en chevaux. | HOUILLE brûlée par heure et par cheval. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| | chev. | livres. | |
| 1. Hornsby. . . | 6 | 7,73 | Nº 1. Cylindre horizontal dans un dôme au-dessus de la boîte à feu, chaudière très bien enveloppée, eau d'alimentation chauffée<br>Nº 2. Cylindre et mécanisme vertical dans un coffre fermé au bout du foyer, chaudière bien enveloppée. Cette machine est à Paris, au conservatoire des arts et métiers.<br>Nº 3. Cylindre horizontal extérieur.<br>Nº 4. Cylindre horizontal extérieur.<br>Nº 5. Cylindre . . . . . id. . . . . avec grand foyer et détente<br>Nº 6. Même système que le nº 2, sauf que le cylindre est oscillant. |
| 2. Tuxford nº 1. | 6 | 7,46 | |
| 3 Clayton. . . | 6 | 8,63 | |
| 4. Garett. . . . | 5 | 8,65 | |
| 5. Barett. . . . | 4,5 | 9 20 | |
| 6. Tuxford nº 2. | 4 | 10,85 | |
| 7. Cabron.. . . | 9 | 12,48 | |
| 8. Burell. . . . | 6 | 13,10 | |
| 9. Bultin. . . . | 4,5 | 14,71 | |
| 10. Hensman.. . | 4 | 18.75 | |
| 11. Roë. . . . . | 4 | 25,8 | |

Il résulte de ce tableau, toutes réserves faites d'ailleurs à l'égard des dispositions mécaniques, que les locomobiles précédentes sont pour leur résultat économique presque dans l'ordre des soins qu'on a pris de les protéger contre le refroidissement extérieur.

**788.** Le peu d'eau dont peuvent ordinairement disposer les locomobiles, leur besoin de légèreté et surtout de simplicité ne permet pas d'y employer la condensation. La vapeur doit y être simplement détendue en coupant l'introduction à un degré fixe de la course du piston, qui soit suffisant pour bien utiliser sa puissance motrice, puis elle est, comme on l'a dit, envoyée dans la cheminée (785). C'est seulement en variant l'ouverture du régulateur, et en élevant plus ou moins la tension de la chaudière, qu'on imprimera la vitesse voulue. C'est en général le dernier des moyens dont se servirait un mécanicien sur

(1) Ce renseignement est extrait du *Treatise on steam*, par John Sewell, 2ᵉ vol.

un chemin de fer (735) : c'est le seul pratique dans le cas des locomobiles, à moins qu'elles ne puissent, entre les mains d'un bon chauffeur, être perfectionnées et conduites comme les meilleures machines à vapeur.

789. Comme toute machine à vapeur, la locomobile doit être munie d'une petite pompe alimentaire (210) pour refouler l'eau dans la chaudière et en entretenir le niveau au-dessus de la surface de chauffe. On sait combien ces pompes sont délicates dans toute machine. Il importe donc dans les locomobiles de les soigner, de les préserver de l'engorgement par la boue, de rendre leur visite et mise en état faciles.

Quant au réservoir où puise la pompe alimentaire, il existe jusqu'ici deux systèmes. Dans le premier, la pompe alimentaire est munie, pour aspirer l'eau, d'un simple boyau en cuir ou toile imperméable, d'un longueur suffisante, dont l'extrémité, garnie d'une pomme d'arrosoir arrêtant les corps étrangers, plonge dans une cuve où un manœuvre verse à bras l'eau la plus limpide qu'on puisse se procurer.

Dans le second système, on chauffe l'eau d'alimentation. M. Lotz (de Nantes) installe dans ce but au-dessus de la boîte à fumée et à la base de la cheminée une bâche où on verse l'eau ; sa contenance équivaut à celle de deux ou trois seaux. Le tuyau d'alimentation de la pompe puise dans cette bâche.

Dans la locomobile d'Hornsby, la première en tête du tableau du n° 787, l'eau d'alimentation est de même chauffée dans la boîte à fumée.

Dans celle de Garret, la quatrième du tableau, l'appareil alimentaire est plus perfectionné encore : non-seulement l'eau est chauffée comme dans les précédents sys-

tèmes, mais la pompe marche continuellement. Un obturateur, dont nous n'avons pas pu nous procurer le dessin, ferme l'entrée de l'eau dans la chaudière tant que le niveau reste suffisamment élevé, et alors l'eau, poussée par la pompe dans la bâche, y retourne jusqu'à ce que le niveau ayant baissé dans la chaudière, l'obturateur s'ouvre à l'alimentation.

Le jury du concours d'Exeter, en 1850, a donné sa haute approbation à ce système comme rendant presque impossibles les conséquences de la négligence du mécanicien qui oublie d'alimenter. Nous hésitons cependant à le recommander. Dans une pompe aussi petite que celle des locomobiles, nous craignons que ce ne soit une complication plus de nature à endormir la confiance du mécanicien qu'à suppléer à sa négligence. Les appareils *self-acting* (agissant d'eux-mêmes) ont généralement ce danger; tant qu'ils sont dans leur état normal, tout va pour le mieux; mais ils se dérangent à l'insu de ceux qui se confiaient en lui, et ils deviennent par là même une cause d'accident. Ne connaissant l'appareil de M. Garret que par le bon témoignage du jury d'Exeter, nous ne savons si ce reproche général lui est applicable; s'il est simple et sans désorganisation possible, on ne peut que le louer et recommander son imitation.

Nous en dirons autant de tous les procédés pour chauffer l'eau d'alimentation. Simples, ils sont d'un précieux emploi au point de vue économique; compliqués et encombrants, ils doivent être rejetés.

### § III. — Train ou chariot.

790. Les locomobiles sont montées sur un train de

chariot tout à fait analogue à ceux des voitures qui parcourent les chemins publics. On les a montées quelquefois sur deux roues, mais plus souvent sur quatre roues ordinaires à essieux fixes, et non mobiles comme ceux des véhicules de chemins de fer. Les deux grandes roues sont en arrière, les deux de devant font partie du brancard ou timon d'attelage; elles sont montées sur une cheville ouvrière en avant-train mobile, et peuvent, comme dans toute voiture, passer sous le corps cylindrique de la chaudière pour tourner dans les sinuosités des routes. En principe, on a cherché avec raison à se rapprocher, autant que possible, du type des équipages de fermes.

791. L'*installation des roues* des véhicules sur les routes ne fait plus l'objet de prescriptions législatives que sur trois points (loi du 30 mai 1851) : 1° les essieux ne peuvent avoir plus de 2$^m$,50 de long ; 2° la saillie des fusées hors des moyeux ne peut dépasser 6 centimètres ; 3° il est interdit de mettre sur le cercle de roulement des clous à *tête de diamant* ou ayant plus de 1 centimètre de saillie. Mais il existe en certains pays des règlements particuliers dont on devra s'enquérir pour y conformer les roues des locomobiles. Ces machines n'y sont pas dénommées, mais elles sont comparables aux voitures de ferme ou de roulage. La principale condition est qu'elles aient l'écartement latéral usité dans le pays, c'est-à-dire *la voie*.

Les roues qu'on voit dans la plupart des locomobiles sont de belles pièces mécaniques où le moyeu et la jante sont en fonte et les rayons en fer; nous leur préférons les simples roues de charrons, que tout maréchal de campagne peut réparer ou remplacer. Quelques constructeurs anglais et français ont déjà adopté cette simplification.

La locomobile d'Hornsby, exposée à Paris en 1855, était pourvue de ressorts de suspension pour amortir les cahots dans les mauvais chemins. C'est une amélioration sans doute, mais c'est en même temps une complication qui alourdit l'appareil et le rend plus coûteux. Nous croyons qu'on peut très-bien s'en passer. Nous devons cependant ajouter que ces ressorts de suspension et les roues de charrons ont été hautement approuvés par le jury du concours de Glocester en 1853.

Il importe que, dans toute locomobile placée sur son chariot, la boîte à feu soit tournée en arrière; non-seulement c'est sa place naturelle au point de la répartition du poids qui doit être plus grand sur les grandes roues, mais on peut déjà en route préparer l'allumage en approchant de la destination, et l'avoir en arrivant presque prête à travailler.

### SECTION QUATRIÈME.

#### CONDUITE ET EMPLOI DES LOCOMOBILES.

792. *Les prescriptions législatives* concernant l'emploi des locomobiles sont jusqu'ici très-incomplètes. Quelques dispositions sont même tellement contraires aux conditions mêmes de cet emploi, qu'elles sont presque toujours inexécutées. La grande extension que prennent ces machines amènera sans doute bientôt une nouvelle ordonnance générale pour toute la France. Mais nous redoutons les ordonnances de police locale, qui pourraient, suivant les localités, rendre très-différentes les prescriptions relatives à l'emploi des locomobiles.

Nous ne croyons pas que les ordonnances relatives aux

ateliers insalubres puissent leur être appliquées. Aucune formalité d'enquête et d'autorisation n'est requise ; tout au plus pourrait-on, une fois pour toutes, astreindre le propriétaire à se pourvoir d'une autorisation préfectorale, laquelle, après avoir fait constater par l'ingénieur des mines que la machine offre toutes garanties de sécurité, autoriserait son emploi dans un canton, arrondissement ou département désigné.

Nous ne croyons pas qu'il y ait lieu de faire une enquête comme pour les machines fixes ; car une fois la locomobile autorisée à servir dans le canton comme offrant les garanties de sécurité, c'est aux habitants à savoir s'il leur importe d'en louer l'ouvrage. Les inconvénients pour les voisins sont si faibles et si passagers, les avantages publics sont au contraire si grands qu'on ne peut guère s'attendre à des oppositions raisonnables.

793. Quant à l'ordonnance de 1843 sur les machines à vapeur, elle contient pour les locomobiles un titre qui, certainement, n'a pas été rédigé en vue de la grande extension réservée à ces machines, et qui ne peut tarder à être modifié. Le premier article définit les locomobiles ; le second les astreint aux épreuves ordinaires de toutes machines à vapeur (334) ; la substitution au manomètre à air libre d'un *manomètre* (218) plus portatif, la dispense du *flotteur d'alarme* (214), l'emploi forcé d'*un tube-indicateur* (215), font l'objet des deux articles suivants.

Puis vient une prescription commune à toutes les voitures privées dans la campagne, en vertu de laquelle la locomobile doit porter sur une plaque visible le nom du propriétaire. Toutes ces mesures figureront certainement dans l'ordonnance nouvelle attendue.

Mais l'article 50 de l'ordonnance de 1843 défend d'em-

ployer les locomobiles à moins de 100 *mètres* d'un bâtiment quelconque sans une autorisation spéciale du maire de la commune. Se figure-t-on un petit métayer qui a loué pour deux heures la locomobile dont on vient, à l'improviste, offrir les services à son passage (car on en viendra là); se figure-t-on, dis-je, ce métayer courant après le maire, discutant avec lui, et obligé, peut-être, devant ses caprices, à renoncer à l'emploi du moteur! Aujourd'hui, les locomobiles sont assez connues, assez bien construites; elles réunissent assez les garanties contre les explosions et les incendies pour qu'on puisse les employer librement presque partout.

Le dernier article du titre de l'ordonnance de 1843 autorise le préfet à suspendre ou interdire l'emploi des locomobiles que l'ingénieur des mines n'a pas déclarées satisfaisantes ou en bon état (1) : c'est encore une sage mesure.

**794.** *Les approvisionnements* dont les locomobiles ont

---

(1) Si nous osions proposer un projet d'ordonnance nouvelle relative aux locomobiles, voici comment nous le formulerions :

Les articles 47, 48, 49 et 51 seraient maintenus tels qu'ils sont rédigés dans l'ordonnance actuelle de 1843. Les articles suivants seraient ajoutés.

1° Aucun locomobile ne pourra être employé par son propriétaire sans une autorisation du sous-préfet de l'arrondissement, laquelle déterminera la circonscription où elle pourra être employée, et sera délivrée après que l'ingénieur des mines aura constaté qu'elle ne présente pas de dangers d'incendie ou autre (voyez art. 5 ci-après).

2° La même autorisation est exigée quand la locomobile a subi dans ses organes fondamentaux des réparations importantes.

3° Le conducteur de la locomobile devra toujours porter avec lui ladite autorisation, et il sera tenu de l'exhiber à première réquisition aux agents de l'autorité désignés en l'article 7 ci-après.

4° Tous les six mois il sera procédé par l'ingénieur des mines, au chef-lieu de l'arrondissement, à une inspection générale des locomobiles dudit arrondissement, sans préjudice des visites ordinaires que l'ingénieur

besoin sont l'eau, le combustible, l'huile et la graisse à lubrifier, les matières à refaire les joints, et l'outillage pour la conduite du feu ou l'entretien de la machine, tels que clef, écrous et outils d'ajustage.

Cet outillage, qui partout accompagne la machine, doit être réduit à sa plus simple expression.

Tous les objets énoncés aux n°s 331, 332, 333, ne pourraient pas être emportés sans trop ajouter au poids de l'appareil, et beaucoup d'entre eux pourront être fournis par le locataire chez lequel on conduit la machine. Ceux qui sont indispensables sont :

La tringle à crochet, dite pique-feu.
La tringle à nettoyer les tubes.
La tringle à tamponner les tubes qui fuient.
Quelques tampons de bois droit-fil pour boucher les tubes ou les rivets qui fuient.
Les outils d'ajustage, savoir : deux burins et bédanes, une grosse lime, une lime douce, un marteau.
Les clefs à écrous.
Les épinglettes à piquer les siphons des boites à huile.
Les burettes à huile.

Ceux de ces outils qui ne font pas trop de volume se rangent avec les matières à graisser et à faire les garnitures dans un coffre fixé sur ou sous la chaudière; les

---

des mines est tenu de faire à domicile pour s'assurer que la machine est bien entretenue.

5° Les locomobiles ne peuvent être employées dans les granges, ni à moins de 3 mètres des meules, amas de bois, paille, etc., et bâtiments couverts en chaume; elles doivent être pourvues de cendriers et appareils dans la cheminée arrêtant la sortie des braises et flammèches.

6° Les contraventions aux prescriptions ci dessus seront jugées par le tribunal de simple police et punies, selon les circonstances, d'une amende de 2 fr. à 100 fr. L'interdiction définitive ou temporaire d'employer la machine pourra en outre être prononcée par le sous-préfet.

7° Lesdites contraventions seront constatées par les maires, gardes champêtres et gendarmes.

autres, tels que les tringles à piquer et à tamponner, s'accrochent à des crampons sur les côtés de la locomobile, comme on met sur les pièces d'artillerie les écouvillons.

795. Quant aux autres objets d'approvisionnement, il en a été parlé au premier volume ainsi que de leur emploi.

Ajoutons un mot sur le combustible et l'eau.

Le *combustible* des locomobiles est très-variable ; la houille, le coke, la tourbe, le bois et jusqu'aux débris de toute nature doivent pouvoir être employés indifféremment, et par conséquent le foyer a dû être disposé selon des conditions moyennes intermédiaires entre toutes celles que chaque combustible exigerait seul. (Voyez n°s 103 et suiv.)

Suivant les localités, la locomobile brûlera cependant plus habituellement un combustible qu'un autre. Le premier soin de celui qui achète une de ces machines doit donc être de l'indiquer au constructeur.

L'*eau* employée dans la locomobile doit être la plus pure possible (72 et suiv.). Les eaux de rivière, les eaux douces d'étangs, lacs et mares, lorsqu'elles ne sont pas très-vaseuses, sont les meilleures. Les eaux de pluie et de neige sont préférables à toutes les autres; celles des sources, des puits, des lacs, sont souvent, ainsi que les eaux salées, chargées de matières dissoutes qui déposent beaucoup de tartre dans la chaudière.

Dans tous les cas, lorsqu'on versera l'eau d'alimentation dans la bâche où puise la pompe alimentaire, on aura soin de la jeter au-dessus d'un panier à mailles très-serrées ou d'un linge, afin d'arrêter la boue, les cailloux et autres corps solides.

796. Il nous reste seulement à donner un aperçu des

quantités d'eau et de combustible dépensées dans les locomobiles. Nous donnerons les évaluations de MM. Clayton et Shuttleworth, lesquelles se rapportent à une quantité de travail effectif donnée en blé battu.

*Consommation des locomobiles de Clayton par journée de dix heures.*

| FORCE DE LA MACHINE. | QUANTITÉ de blé battu. | CONSOMMATION d'eau. | CONSOMMATION de houille. |
|---|---|---|---|
| | hect. | litr. | kil. |
| 4 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 65 à 75 | 1450 | 175 |
| 5 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 75 à 95 | 1820 | 225 |
| 6 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 95 à 115 | 2180 | 275 |
| 7 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 115 à 135 | 2540 | 325 |
| 8 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 155 à 175 | 2905 | 375 |
| 10 chevaux. . . . . . . . . . . . . . | 175 à 195 | 3630 | 475 |

En moyenne, les évaluations de M. Clayton donnent par heure et par cheval :

| | |
|---|---|
| Blé battu, de. . . . . . . . . . . . . . | 1,60 à 1,96 hectolitre. |
| Consommation d'eau. . . . . . . . . . . | 36 litres. |
| Consommation de houille. . . . . . . . | 4,35 à 4,65 kilog. |
| Eau consommée par kilog. de houille.. | 7,98 kilog. |

M. Calla, constructeur de locomobiles à Paris, et dont les systèmes ont beaucoup d'analogie avec ceux de Clayton, annonce que la consommation moyenne de ses machines ne dépasse pas 4 kilog. de houille ordinaire pour les petites de 3 à 6 chevaux, et 2 kilog. dans les grandes de 12 à 15 chevaux.

Voici quel a été sur l'une de ces machines, forte de 7 chevaux nominaux, le résultat des expériences de M. Guillebon de Nerville en 1852. (V. Bulletin de la So-

ciété d'encouragement, 1853; rapport de M. Lechâtelier.) Ce qui rend ces expériences très-intéressantes est que la machine a successivement fonctionné à la houille, au coke et au bois pendant deux heures.

| DÉTAIL DES RÉSULTATS. | AVEC | | |
|---|---|---|---|
| | la houille. | le coke. (a) | le bois. (b) |
| Nombre de tours de volants par minute.. . . | 100 | 95 | 90 |
| Travail effectif en chevaux. . . . . . . . . | 9,15 | 8,70 | 8,24 |
| Combustible brûlé par cheval et par heure. . | 4,53 | 6,61 | 13,22 |
| Eau dépensée par kilogr. de combustible. . . | 5,48 | 4,65 | 2,58 |
| Pression moyenne de la vapeur pendant l'expérience, en atmosphères, de. . . . . . | 5 à 5,5 | 5,00 | 4,50 |

Il résulte de ces expériences que si, dans cette machine, la houille a donné de meilleurs résultats qu'avec le bois, elle a cependant pu marcher encore à des conditions passables avec ce combustible. Le bois employé ne consistait d'ailleurs qu'en de mauvais débris, comme on peut en avoir quelquefois pour combustibles dans les fermes. Il faut ajouter en outre que l'appareil avait été fait en vue de brûler principalement la houille, et que le foyer était trop petit pour les deux autres combustibles. Aujourd'hui, la consommation a été notablement abaissée, et tout a été disposé dans le générateur pour permettre de brûler indifféremment tout combustible.

797. *Pour conduire une locomobile*, un seul homme suffit. Le propriétaire y préposera le plus intelligent de ses employés. Il obtiendra du constructeur qu'il fasse auprès

(a) Le tuyau d'échappement avait été diminué.
(b) L'échappement a été ramené à sa première dimension.

de lui un noviciat de quelques jours, afin que les manœuvres à faire et les soins à donner soient bien compris ; il s'enquerra de suite du lieu où il pourra trouver un mécanicien ou un serrurier capable de la réparer en cas de besoin, si le conducteur ne le peut lui-même ; il sera bon de l'intéresser à en tirer le parti le plus économique par un système de primes analogue à celui indiqué au n° 114. Le propriétaire devra enfin s'assurer souvent qu'elle est entretenue avec soin et qu'elle n'est pas forcée au delà de sa puissance normale.

Si le conducteur donne le moindre signe d'ivresse, que la direction lui soit de suite ôtée, et qu'elle soit confiée à un second employé, apprenti du premier, qu'un propriétaire prudent doit toujours avoir en réserve. Si le conducteur paraît tout à fait inexpérimenté, il vaut mieux renoncer temporairement à la force motrice de la locomobile que de s'exposer, par de fausses manœuvres, à causer des avaries dans les appareils à mouvoir.

Quant au conducteur, son premier soin sera de prendre toutes les informations sur les circonstances locales comme sur l'intensité de l'effort à produire, se rappelant qu'il ne faut jamais forcer même accidentellement un moteur à donner plus que le constructeur n'a annoncé pouvoir lui demander avec pleine sécurité.

Avant de la préparer à marcher, il faut plus que jamais procéder à la visite déjà tant de fois recommandée (335 et suiv.) ; la principale attention est due à la chaudière, aux fuites, boursouflures de tôle, altérations de rivets et engorgements intérieurs par le tartre qui peuvent exister, et auxquels il faut de suite remédier, ainsi qu'à l'état des soupapes de sûreté, tube et robinets-jauges.

798. *Pour disposer la locomobile à fonctionner*, com-

mencez par choisir son emplacement, autant que possible, hors des bâtiments, loin, en tout cas, des matières combustibles qui en doivent être éloignées d'environ 2 à 3 mètres (793); nivelez cet emplacement; balayez-le; établissez-y la machine à la distance voulue pour que la courroie de transmission, préalablement posée, soit convenablement tendue, après avoir, suivant la direction à imprimer au mouvement, croisé ou maintenu parallèlement les bandes. Ayez alors soin que la machine soit solidement d'aplomb dans *sa position voulue* pour bien fonctionner; maintenez cette position par des cales ou coins; calez de même les roues.

Si la machine n'a pas de bâche alimentaire comme il est dit au n° 789, installez près de la machine un baquet ou cuvier dans lequel puisse plonger le tuyau d'aspiration de la pompe alimentaire, et prenez soin de la maintenir pleine d'eau baignant toujours la crépine ou pomme d'arrosoir qui termine le boyau. Emplissez alors la chaudière ainsi qu'il est dit aux n°s 233 et suiv.

*L'allumage* se fait à l'ordinaire par un des modes et avec les précautions indiquées au n° 234. Au moment de mettre le feu au foyer, brûlez dans la boîte à fumée à la base de la cheminée quelques poignées de paille ou de copeaux pour raréfier l'air et déterminer le tirage.

Dès que la pression est suffisante, procédez à l'essai de la machine comme il est recommandé au n° 337, afin de constater que l'installation de la locomobile ne laisse rien à désirer, et préparez-vous à la faire travailler.

**799.** *Toute la manœuvre* se fait dans ces machines par le régulateur (203); on l'ouvre pour démarrer, on le ferme pour arrêter; en variant l'ouverture, on règle la vitesse. Mais quand on démarre, il importe de ne jamais oublier

d'ouvrir les robinets purgeurs du cylindre pour en évacuer l'eau qui a pu s'y amasser (voyez nos 340 et 348).

Pendant la marche, il suffit de surveiller l'appareil, d'y entretenir le feu, le niveau d'eau ainsi que la vaporisation avec le plus d'uniformité possible (236 et suiv.), et de consulter fréquemment les indicateurs. Ouvrez de temps en temps, pendant une demi-minute, le robinet de vidange de la chaudière (223) pour évacuer l'eau boueuse qui s'y amasse; mais ne procédez à cette opération que si le manomètre accuse une forte tension de vapeur, et les robinets ou tubes-jauges un niveau d'eau élevé; prenez surtout garde de ne pas laisser l'eau sortir au point d'être prête à découvrir la surface de chauffe. Veillez aussi à ce que l'appareil ne se dérange pas. Si la courroie qui transmet le mouvement se détend ou est trop lâche, il suffit de reculer la machine et de la caler un peu plus loin. Enfin, ne surchargez jamais les soupapes de sûreté sous aucun prétexte, eussiez-vous même constaté dans de précédentes épreuves que la machine a pu être ainsi forcée sans accident.

800. *Quand le travail de la locomobile est terminé*, il ne reste plus qu'à faire tomber la pression et à vider la chaudière afin d'emmener l'appareil. Dût-on ne pas la déplacer, les eaux employées dans les campagnes sont généralement si chargées de substances pouvant former du tartre (74), qu'on sera presque toujours forcé de vider l'eau de la chaudière après chaque service. Les procédés à employer sont exposés aux nos 242 et 244. S'il faut ici les résumer dans leur ordre, commencez par jeter le feu hors du foyer, détachez la courroie de transmission, ouvrez les robinets de vidange pour évacuer l'eau de la chaudière, fermez toutes les ouvertures du foyer, afin que le

refroidissement de l'appareil ne se fasse pas brusquement, gardez-vous d'y envoyer de l'eau froide, même pour le laver ; à mesure que la chaudière se vide, diminuez progressivement le poids des soupapes de sûreté. Quand elles n'émettent plus de vapeur, levez-les entièrement pour laisser rentrer l'air extérieur. Quand la chaudière est vide et à peu près refroidie, enlevez les bouchons de lavage (229) qui sont aux angles du bas du foyer, et celui qui existe au bas du corps cylindrique; ramenez au dehors avec la tringle à racler la boue amassée dans le fond de la chaudière avant qu'elle se soit durcie. C'est à peu près le seul nettoyage qu'on puisse faire subir alors à la chaudière encore assez chaude; mais nous répétons qu'en général on devra le faire à cause de l'impureté habituelle des eaux et la nécessité de tenir facilement l'appareil dans son état de propreté voulue.

Quant à l'eau froide qu'on y introduirait pour achever de la laver en ce moment, on en voit au n° 244 les inconvénients.

Les *accidents* qui peuvent arriver dans une locomobile n'offrent aucune particularité. Nous renvoyons donc simplement au chapitre V du premier volume.

L'entretien et la réparation font de même, au premier volume (chap. IV), l'objet de longs développements auxquels nous n'avons rien à ajouter de spécial.

## CHAPITRE IV.

### Machines à vapeur pour la navigation.

Avant de parler de ces machines, il est utile de s'occuper sommairement des navires qu'elles ont à mouvoir. Quelques mots préliminaires sur l'histoire des bateaux à vapeur ne seront pas sans intérêt.

### SECTION PREMIÈRE.

#### HISTOIRE DE LA NAVIGATION A VAPEUR.

801. Cette histoire a été plusieurs fois écrite en France et en Angleterre, notamment par M. Benoît (Bulletin de la Société d'encouragement, t. XLVI), par M. Marestier, en tête de son mémoire sur la navigation à vapeur en Amérique, et par Louis Figuier et J. Sewel. Nous n'en résumerons que les faits principaux, en indiquant surtout la part qu'ont eue les inventeurs français dans cette grande découverte, dont presque toutes les nations réclament la priorité.

Dès l'origine de la navigation, peut-être on a eu l'idée de mouvoir des bateaux par des machines. Nous verrons, à propos des propulseurs, que les Romains, plus de 400 ans avant notre ère, avaient des bateaux munis de roues à aubes. Mais l'application de la vapeur comme puissance motrice ne s'est pas encore retrouvée dans l'histoire avant le seizième siècle.

Le premier document historique sur ce point, quoique M. Arago ne l'ait pas jugé très-authentique, est celui en vertu duquel l'Espagne réclame pour *Blasco de Garay* le premier bateau à vapeur. D'après un manuscrit des archives royales de Simancas, ce capitaine aurait fait, en 1543, à Barcelone, en présence de l'empereur Charles-Quint, sur un navire de 300 tonneaux, nommé *la Trinité*, l'essai d'une machine *où il y avait du feu*, qu'il tint secrète et qu'on présume être une machine à vapeur.

Le journal *la Patrie*, du 27 juillet 1851, a publié une note suivant laquelle un professeur de mathématiques à Nancy, le *chanoine Gauthier*, aurait, en 1753, proposé un projet de bateau à vapeur clairement expliqué dans un manuscrit de 1756, déposé à la Bibliothèque de Venise, et qu'il allait mettre à exécution dans cette ville quand il mourut.

Mais le document le plus certain et le plus explicite est la fameuse lettre de *Papin* (1) au comte de Sitzendorff en 1695, et relatée *in extenso* au n° 458. On ne saurait demander une description plus précise d'une machine à vapeur à deux cylindres, à simple effet, à mouvement direct et à condensation propre à faire mouvoir des roues

(1) Voyez la *Vie de Papin*, par M. Banister (*Bulletin de la Société d'encouragement*, t. XLVI, pages 265 et 630).

à aubes dans la navigation. Cette découverte de Papin est loyalement reconnue par John Sewel qui, dans son petit traité de la locomotion à vapeur, a écrit l'histoire de cet agent mécanique avec la plus louable impartialité.

En 1736, *Jonathan Hull* proposa à son tour un projet de machine marine à peu près analogue à celle de Papin.

802. Vinrent ensuite, en 1780, les essais célèbres du marquis de *Jouffroy* sur la Saône. Le premier, il construisit un grand bateau à vapeur qui ait fonctionné avec quelque suite. Malheureusement l'auteur avait préféré aux roues à aubes une sorte de patte-d'oie ou rame articulée placée à l'arrière de la coque, rationnelle peut-être en théorie, mais dont la pratique a depuis condamné l'usage. Ces essais furent en outre interrompus par la révolution et les procès qui ruinèrent l'auteur.

En 1786, puis en 1804, *Symington*, en compagnie de *Miller* et *Taylor*, firent en Écosse d'heureuses expériences avec un bateau de 70 tonneaux, nommé *Charlotte-Dundas*, et muni d'une machine à vapeur horizontale à double effet et condensation faisant mouvoir par action directe une roue à aubes placée à l'arrière. La mauvaise volonté des propriétaires du canal où se faisaient les expériences, et le peu de ressources pécuniaires de l'inventeur fit, dit Sewel, discontinuer les expériences.

En 1810, *Fulton* construisit à Paris son premier bateau à vapeur; pourvu d'une trop lourde machine, on dit qu'il coula bas au premier essai. La nouvelle machine étant au contraire forte seulement de 3 chevaux, le navire ne put remonter la Seine. On l'a vu longtemps stationner à Paris contre la barrière de Passy. L'empereur Napoléon Ier, qui avait accueilli l'invention avec faveur et fondait sur

elle de grandes espérances, ne voulut plus en entendre parler. Fulton passa alors en Amérique, où, mettant à profit son expérience et les conseils de Watt, qui lui fournit une machine de 20 chevaux, il ne tarda pas à lancer un nouveau navire à vapeur qui avait, comme le premier, pour propulseur une roue à aube à l'arrière. Ce navire fit publiquement en 27 heures le trajet de New-York à Albany. Cette fois, le succès avait couronné la persévérance du constructeur.

Ce bateau historique se nommait *le Clermont;* il avait 50 mètres de long, 5 de large, jaugeait 150 tonnes, et avait des roues de 5 mètres de diamètre. Il fut suivi d'un autre bâtiment auquel l'auteur donna le nom de son protecteur le chancelier Livingston. (Voy. Tableau O du chapitre V). Trois autres bateaux semblables furent construits en 1811, un service régulier fut organisé, et de suite la navigation à vapeur prit d'énormes développements, surtout sur les fleuves.

803. L'Europe était encore bien en retard.

De 1800 à 1812, *Henry Bell* construit, à titre d'essai, sur la Clyde successivement deux petits vapeurs de 3 et 4 chevaux; puis, en 1815, selon Louis Figuier, un paquebot définitif de 30 chevaux portant le nom de *Rob-roy.*

La même année, selon Sewel, quatre ans après, selon Figuier, la Grande-Bretagne a son premier service régulier de bateau à vapeur entre Holyhead et Dublin, pendant que *Ralph-Dodd*, avec un bâtiment de 75 tonneaux, muni d'une machine de 14 chevaux, va de la Clyde à Dublin et à Londres, et accomplit heureusement sa longue traversée avec une grosse mer. Ce double événement est le point de départ en Europe de l'essor de la navigation à vapeur.

De 1818 à 1822, *David Napier* poursuit le problème de la navigation transatlantique; en 1822, il construit le *James-Watt*, de 440 tonneaux et 100 chevaux de force, lequel atteint dans l'Océan une vitesse de 10 milles à l'heure.

En 1835, l'Angleterre a son premier voyage transatlantique effectué par la vapeur, et quatre ans après, le service est établi régulièrement entre Liverpool et New-York.

En France, sauf les essais repris en 1816 par Jouffroy et Perrier, la navigation à vapeur reste abandonnée jusque vers 1820, époque à laquelle quelques grossiers bateaux à vapeur essayent sur les rivières, et notamment sur la Saône, de faire concurrence aux coches traînés par des chevaux.

Le plus ancien bateau dont j'ai pu retrouver la trace est un petit steamer ayant pour propulseur une sorte de rame latérale dite patte-d'oie, que *Steel*, ingénieur anglais, construisit en 1820, et qui fit pendant quelques années le service de Rouen à Elbeuf.

En 1821, une compagnie anglaise dont *Napier* et *Mamby* faisaient partie, amena sur la Seine deux bateaux à vapeur en fer nommés l'*Aaron-Mamby* et la *Seine*, les premiers qui aient fait un service régulier sur la Seine et peut-être en France. M. Mamby fonda peu à près son célèbre atelier de Charenton-le-Pont, près Paris, d'où sortirent deux nouveaux bateaux à vapeur analogues aux premiers, dits *le Commerce* et *l'Hirondelle*, et dont les machines oscillantes à haute pression furent fournies par M. *Cavé*, qui remplaça aussi les appareils anglais à basse pression de *la Seine* et d'*Aaron-Mamby*.

De 1825 à 1830, nos rivières et nos grands ports de mer

ont presque tous commencé à avoir un service régulier de bateaux à vapeur pour le remorquage ou les transports. Le *Courrier de Calais*, construit en 1827 par M. *Cavé*, avec *roues articulées* et machine de 60 chevaux, et le remorqueur du Havre, *le Vésuve*, en 1828, sont, je crois, les premiers steamers de mer qui aient été construits en France. Malheureusement, au début de cette période, une épouvantable explosion d'un bateau à vapeur sur le Rhône, où un grand nombre de personnes distinguées de Lyon périrent, jeta sur l'industrie naissante une défaveur et une incertitude qui retardèrent de plusieurs années son essor en France. Ce navire était construit et mis en service par *Steel*, l'auteur du bateau d'Elbœuf, qui fut une des victimes et avait déjà perdu une jambe dans de précédents essais. Enfin, les succès obtenus en Angleterre et en Amérique ramenèrent la confiance, et les riverains de la Saône et du Rhône conserveront longtemps le souvenir de MM. Brettmayer, Bourdon et Clément Reyre, dont les persévérants efforts parvinrent à organiser définitivement la navigation sur les deux fleuves lyonnais. La première compagnie dont M. Clément Reyre, était président, et son premier bateau à vapeur ayant fait un service régulier, remonte à l'année 1829.

La Loire, la Garonne et la Seine eurent vers la même époque leurs premiers services de bateaux à vapeur pour le transport des voyageurs.

Les *Hirondelles* de la Saône et de la Loire, sur la Seine les *Parisiens* et la *Ville-de-Sens*, de M. Cochot (voyez Bulletin de la Société d'encouragement, 1836 et 1838), et les *bateaux-Cavé*, avec coque en fer, restent encore dans le souvenir des riverains.

804. Mais ce n'est que vers 1835 que le mouvement

d'essor fut donné à cette grande industrie. En Angleterre, la navigation fluviale ou maritime et les vapeurs de guerre avaient pris sans bruit un immense développement, à peine soupçonné en France. En 1823, MM. Marestier et Montgerry avaient, à la suite d'une mission du gouvernement en Amérique, fait connaître le merveilleux mouvement de la navigation à vapeur et donné les premiers principes théoriques pour la construction de ces bâtiments.

Peu de temps après, le nombre, la vitesse et le confort des bateaux à vapeur de la Saône doublaient. M. Cavé construisait en 1837 sur le Haut-Rhin les *Aigles*, et sur la basse Seine les *Dorades*, auxquels une autre compagnie adjoignait les *Étoiles*, magnifiques bateaux en fer construits au Havre par Normand, et muni de machines anglaises de Barnes (1). Tous les grands ports, et notamment le Havre, possédaient de beaux steamers pour les passagers et de nombreux remorqueurs. Mais la marine militaire n'avait encore que quelques vapeurs de 100 à 160 chevaux, construits en Angleterre ou à Indret par M. Jingembre.

Vers 1840, on commença à construire de très-forts bâtiments à vapeur pour les transports transatlantiques et la marine militaire, et à donner aux bateaux sur mer ou sur fleuve une vitesse qui, de 8 à 10 kilom. à l'heure, parvient peu à peu jusqu'à 20 et 24, et même 30 kilomètres, tout en allégeant les machines.

La marine royale anglaise possédait déjà un certain

(1) Ces bateaux ont disparu plus tard devant les chemins de fer, et ils font encore aujourd'hui sur la Seine ou sur le Rhône le service du remorquage, sauf *la Dorade* n° 3, qui transporte encore des voyageurs de Rouen à Elbeuf. C'est ce bateau qui a transporté à Paris les cendres de l'empereur Napoléon I<sup>er</sup> en 1840.

nombre de très-forts bâtiments, quand M. *Mimerel*, directeur des constructions navales en France, attacha, en 1842, son nom à la création de 12 frégates de 450 chevaux, qui furent remarquablement bien exécutées, d'après le type de Watt, à balanciers latéraux, par Cavé, Halette et le Creusot sur un plan étudié dans ce dernier établissement par M. Stéph. Bourdon. Jusqu'alors, la France avait tiré ces grandes machines navales des ateliers anglais de Barnes, Miller, Napier, Maudslay, Rennie et Fawcett, dont la machine du *Sphinx* a longtemps servi de type, et existe en réduction au Conservatoire de Paris.

En 1842, l'introduction de la chaudière dite américaine ou tubulaire en retour de flamme (198), les perfectionnements apportés dans la machine oscillante par Joseph Penn, constructeur à Greenwich, les inconvénients reprochés à ce système et l'obligation imposée aux divers constructeurs de simplifier et alléger les appareils de navigation, le succès des vapeurs omnibus (1) sur la Tamise par Penn et Spiller, le succès non moins célèbre des bateaux construits à Londres par Miller pour le service de Gravesend, la vitesse extraordinaire obtenue en Amérique, donnent une nouvelle impulsion à la navigation maritime et fluviale.

---

(1) On sait que les rives de la Tamise sont desservies dans Londres par des petits vapeurs omnibus, qui, pour 2 à 6 sous, transportent d'une extrémité à l'autre de cette immense ville dépourvue de quais, avec une célérité et un ordre, qui n'a peut-être d'égal nulle part, en faisant escale à plus de 20 stations intermédiaires. On s'étonne qu'il ne soit pas établi des services semblables dans nos grandes villes de France : c'est qu'elles ont des quais le long de leurs fleuves, et que sur ceux-ci il existe des passages infranchissables. Exemple, à Paris, le pont au Change, et à Lyon, le pont Nemours. Espérons qu'un jour cette innavigabilité disparaitra dans nos deux capitales et qu'elles pourront avoir, comme Nantes, Bordeaux, Marseille, etc., leur service de vapeurs-omnibus.

Le principal fait que nous rencontrons alors en France est la solution du problème de la navigation régulière du Rhône à grande et à petite vitesse par les bateaux construits au Creuzot par S. Bourdon.

On trouve encore vers cette même époque deux inventions importantes : le service des *bateaux-toueurs* de M. Delagneau, qui se halent le long d'un câble déposé au fond du fleuve dans la traversée de Paris, et les *bateaux à grappins* de M. Verpillieux, qui, à l'aide de crocs disposés autour d'une roue mue par la vapeur, prennent leur point d'appui au fond du lit pour remorquer dans les *rapides* du Rhône jusqu'à 600 tonnes de marchandises.

Mais le fait capital est, dans la marine de toutes les nations, l'emploi des propulseurs héliçoïdaux substitués aux roues à aubes. Nous donnerons plus tard leur historique.

805. La reprise du grand mouvement industriel de 1850 a été, pour la navigation maritime et fluviale, de guerre et de commerce, le point de départ d'un développement inouï dont nous pouvons à peine indiquer les faits principaux :

1° Transformation des vaisseaux et frégates à voile en navires *mixtes* à voile et à vapeur par l'addition d'une machine à vapeur auxiliaire.

2° Apparition du vaisseau à hélice de 1000 chevaux, *le Napoléon*, construit en 1849 par Dupuy-de-Lôme et Moll, et de *la Bretagne*, en 1855, vaisseau de premier rang de 1200 chevaux ; lesquels vont être suivis de dix autres vaisseaux de 1000 chevaux chacun, comme le premier.

3° Navigation des canaux à l'aide de bateaux de divers systèmes, parmi lesquels il faut nommer les bateaux à deux hélices en arrière de Cadiat, Baudu, Mazeline,

Gauthier, Cavé; les *monoroues* et les bateaux à deux roues en arrière de Gâche.

4° Steamers transatlantiques de 500 chevaux et au delà allant de France et d'Angleterre à New-York, construits par Napier à Glascow, Hallen aux États-Unis et en France sur les chantiers de la compagnie des messageries impériales.

5° Emploi des vapeurs combinées d'eau et d'éther ou de chloroforme, par MM. Dutremblay et Lafont, dont les premiers succès publics remontent à 1844.

6° Emploi de la vapeur, non plus seulement comme force de propulsion, mais pour opérer à bord toutes les manœuvres (voyez mémoire du capitaine Shuldam, *Mecanichs-magazine* de juillet 1854).

7° Service direct et régulier de bateaux à vapeur entre Paris et Londres, établi par Gâche et Guibert de Nantes, en 1852, après diverses tentatives plus ou moins heureuses.

8° Dimensions, vitesse et puissance énormes assignées aux bâtiments, même sur les rivières qui semblaient les plus rebelles à des entreprises de grande navigation. Sur le Rhône, les ingénieurs du Creuzot et divers armateurs installent des bateaux de 600 chevaux de force et portant près de 600 tonnes dans leur coque, longue de 150 mètres et ne calant que 1 mètre d'eau. Sur le même fleuve, MM. Arnaud, Corady et Carsenac, construisent, de 1853 à 1855, les bateaux dits *l'Avant-Garde*, *le Belot* et *l'Express*, d'une force de 200 à 500 chevaux, qui rivalisent de vitesse avec les trains omnibus des chemins de fer. En Angleterre, Penn fait atteindre au delà de 14 nœuds de vitesse au yacht *le Fairy*. Sur les fleuves d'Amérique on voit apparaître des palais flottants, calant moins de 2 mètres d'eau, élevés de trois ou quatre étages, con-

tenant plus de 1200 personnes, outre 1000 tonnes de marchandises et atteignant, avec des forces de 2000 chevaux, jusqu'à 40 kilom. de vitesse à l'heure. D'après Sewel, ils ne prennent que 2 schellings 1/2 (environ 3 fr.) pour transporter les voyageurs de New-York à Albany, distants de 150 milles (280 kilom.).

Encore quelques mois, et il sera lancé des chantiers de M. Scott-Russel, à Londres, un steamer-géant de 23000 tonneaux et plus de 3000 chevaux de force, construit sur les projets du célèbre Brunel.

Ce ne sera peut-être pas le complément des merveilles accomplies dans l'art de la navigation à vapeur. La France y aura contribué largement pour sa part, surtout sur les rivières. Si elle ne peut revendiquer parmi ses gloires d'avoir été une des premières à la développer, elle montrera du moins avec orgueil la fameuse lettre de son savant docteur Papin, qui, dès le dix-septième siècle, indiqua l'avenir que la vapeur préparait à la navigation et décrivit la première machine marine jusqu'ici connue.

## SECTION DEUXIÈME.

### COQUES DES NAVIRES A VAPEUR.

806. Ce qui va suivre n'est pas un traité de constructions navales. Ce sujet, suivi dans tous ses détails, exigerait à lui seul plusieurs volumes. La constrution de la coque et la fabrication de la machine constituent deux sciences différentes, dont chacune demande tant d'études et d'expériences qu'un même ingénieur peut difficilement les posséder ensemble. Cependant il importe que le constructeur et le conducteur de la machine aient une connaissance sommaire des principales conditions que doit

réunir le bâtiment destiné à la recevoir. Nous ne nous occuperons ni de l'arrimage (distribution du chargement dans l'intérieur), ni de la voilure; mais, en ce qui touche l'appareil moteur, il importe de considérer dans le navire sa forme extérieure, le rapport de ses dimensions, le système de sa construction et sa résistance au mouvement dans la masse liquide, puis viendra l'étude des propulseurs, et enfin les principes généraux sur l'installation et la conduite de la machine motrice dans les navires de diverses sortes.

### § I. — Forme extérieure de la coque.

807. *La forme extérieure* d'un navire exerce une influence capitale sur sa résistance au mouvement. Les premiers bâtiments flottants ne furent sans doute que des caisses prismatiques, terminées aux deux bouts en forme de coin, pour fendre l'eau par l'avant avec moins d'effort et faciliter en arrière l'écoulement des molécules liquides déplacées, qui pressent les flancs de la coque et retardent sa marche. Peu à peu on prit soin de raccorder ces coins aux flancs par des courbes douces, en cherchant à se rapprocher des types que nous offre la nature dans les poissons connus pour leur vélocité natatoire.

On est ainsi arrivé à restreindre la résistance propre du navire en moyenne à 1/10, et jusqu'à 1/35, de celle qu'éprouverait un prisme flottant de même section.

Étant donné un navire quelconque, pour évaluer le volume qu'il conserve après les effilements et évidements qui l'ont détourné de sa forme prismatique, on le suppose circonscrit dans un parallélipipède rectangle, et le rapport de son volume réel à celui de ce *parallélipipède*

*circonscrit* exprime la mesure de l'effilement. Un gros navire à formes pleines peut conserver les 9/10 du volume du parallélipipède circonscrit. Un navire *finement taillé* n'a souvent plus que les 0,5 de ce même parallélipipède circonscrit.

808. On distingue deux parties dans un navire flottant : celle qui est plongée dans l'eau lorsqu'il renferme son chargement normal, et celle qui s'élève hors de l'eau.

Celle-ci porte les noms de *partie émergée* de la coque, d'*œuvres-mortes*, d'*accastillage* (mot dérivant de château ou castel); les Anglais la nomment *dead-works*, *upper-works*, *free-board*. C'est dans cette portion de la coque que sont percés les *sabords* ou fenêtres éclairant l'intérieur.

La partie plongée dans l'eau se nomme *partie immergée*, *carène*, *œuvres-vives*; et en anglais *quick-work*, *careen*, *outside-bottom*, *buoyant-part*.

Si l'on suppose un plan vertical coupant le navire à l'endroit où il offre en tous sens les plus grandes dimensions, on aura la *maîtresse-section transversale* du navire, et toute la partie de la section qui plonge dans l'eau se nomme *section immergée du maître-couple* (827) ou *section résistante*, ou encore *surface d'immersion*.

De la section résistante et de la forme de la *carène* dépend la résistance à la marche. La forme de la *portion émergée* de la coque n'y contribue que secondairement : ce sont les formes de la carène qu'on prend un soin tout particulier d'effiler et de raccorder par des courbes douces.

La carène ou partie immergée d'un bateau à vapeur taillé pour la course est souvent moindre que les 0,5 du parallélipipède circonscrit à cette carène. Le reste de la coque est beaucoup plus plein.

Toute la partie émergée d'un navire, jusqu'à 1 mètre au-dessus de la ligne de flottaison (815) doit être, en outre, parfaitement lisse et sans aucune saillie ; les têtes de rivets qui relient les feuilles des coques en fer, si elles restent saillantes au lieu d'être fraisées, ne sont pas sans influence sur la marche. Des auteurs voudraient même que, pour faciliter le frottement de la coque dans le fluide liquide, on pût la lubréfier en quelque sorte avec un enduit sur lequel les molécules liquides n'aient pas d'adhérence. En cela, on ne ferait qu'imiter la nature qui a recouvert les poissons d'écailles polies et huilées, pour ainsi dire, pour glisser dans l'eau avec le moindre frottement (847). Quant à la finesse des formes, on verra par la suite que si en principe plus on effile la coque, plus on diminue sa résistance, de même qu'on augmente l'effet d'un coin à mesure qu'on l'amincit, les qualités d'un navire à la marche sont loin de ne dépendre que de cet effilement ; les proportions respectives de ses diverses parties ont aussi une influence de premier ordre.

809. Dans la forme extérieure, on distingue trois de ces parties, savoir : la proue, la poupe et les flancs.

La *proue* (en anglais *prow*, *head*, *bow*) est la partie antérieure du navire ; c'est elle qui fend l'eau ; elle est effilée en coin aigu, terminée en lame presque tranchante pour couper le flot, raccordée latéralement et en dessous au corps du bâtiment par les courbes les plus douces, sans angles, ni bosses, ni ressauts.

A la *ligne d'eau*, l'avant du navire est tantôt droit, tantôt légèrement convexe, tantôt un peu creusée (1). Il serait

(1) Voyez le *Mémoire sur la construction des bateaux à vapeur*, 1853, à Paris, chez Mathias, et chez Dalmont.

bien difficile, en l'absence d'expériences comparatives dans des circonstances égales, d'affirmer à qui des trois formes appartient l'avantage. Nous nous bornerons, pour notre part, à dire que nous avons suivi avec attention comment se comportaient sur la Saône et le Rhône les bateaux où nous avons trouvé l'une de ces trois formes. Dans ceux où la proue est droite ou convexe à la ligne d'eau, le flot comprimé jaillit à une certaine hauteur contre la coque, signe d'une pression existante; cet effet ne se produit pas lorsque la ligne d'eau est *légèrement* creusée à l'avant, et il est remarquable que c'est le système suivi par tous les constructeurs lyonnais.

Pour fendre le flot, on amincit quelquefois l'avant en forme de lame d'une notable étendue; peut-être coupe-t-elle effectivement la masse liquide avec peu de résistance; mais en exagérant ce *taille-flot* ou *pince*, qui ne contribue en rien au *déplacement* de la masse liquide (815), ou nuit à l'obéissance du navire au *gouvernail.* Les bateaux dits paquebots de Seine, allant de Paris à Rouen, ont dû subir une réduction considérable dans leur *taille-flot.* Si les coques sont moins effilées, par contre, elles gouvernent mieux, perdent moins de temps dans les sinuosités du chenal et fournissent en somme beaucoup plus de vitesse (812).

On était dans l'usage d'incliner l'extrémité de la proue sous un angle de 30 à 45 degrés, afin de couper le flot de *biais;* aujourd'hui on tend généralement à la redresser verticalement, comme dans la presque totalité des bateaux à vapeur américains qui se sont récemment fait connaître en France.

Parmi les nombreux exemples que l'on pourrait donner de l'influence de la proue sur la marche des bateaux à

vapeur, il suffira de citer celui du bateau poste belge *le Rubis* (Voir Tableau O du chapitre V). Les formes d'avant étaient notablement pleines à la ligne d'eau. La proue ayant été allongée de $2^m,74$, les courbes devinrent plus douces et l'effilement antérieur plus prononcé, sans autre changement d'ailleurs dans le reste du navire ou de la machine (fig. 18). Les lignes ponctuées indiquent la modification. Avant celle-ci, la vitesse était à peine de 10 nœuds; après l'allongement, elle est devenue de 13 nœuds 1/2. (Note de M. Prisse, communiquée par M. Callon à la Société des ingénieurs civils de Paris, année 1853, séance du 2 décembre.)

Ce résultat est au surplus conforme aux données de la théorie (Voyez nos 43 et 51). On a vu que la résistance d'une sphère était, d'après Hutton, égale à 0,6 de la résistance d'une surface plane de même section. Un bateau à proue sphérique aurait donc, toutes choses égales d'ailleurs, une résistance égale à 0,6 d'un bateau prismatique, et la résistance diminuera à mesure qu'effilera le solide en mouvement. Mais, insistons encore sur ce point, l'acuité de la proue n'influe pas seule sur la résistance à la marche, et tout n'est pas fait dans la coque lorsqu'on a convenablement élancé sa partie antérieure (812).

810. La *poupe* (en anglais *stern* ou *aft*) est l'arrière du bâtiment; elle doit être, non moins que la proue, effilée et raccordée aux flancs par des courbes douces, afin de faciliter le retour des molécules liquides déplacées à leur état primitif et diminuer la pression qu'elles exercent contre les flancs.

Les constructeurs se sont tellement préoccupés de ce dernier point, qu'ils ont souvent donné aux *façons-ar-*

*rière* une très-grande longueur au préjudice de l'avant et des flancs dont il va être parlé.

Cet *évidement-arrière* facilite en même temps l'action du gouvernail ; toutefois, s'il est exagéré, la coque tend à *embarquer trop d'eau* à l'arrière, c'est-à-dire à s'immerger plus qu'il ne faut, pour peu que le flot se soulève ou qu'il y ait trop de charge à l'arrière.

Comme exemple de bons résultats obtenus par l'effilement de la poupe, on remarquera au tableau R du chapitre V le vaisseau *Dauntless*, qui, par un allongement de 2 mètres à l'arrière, a eu sa vitesse, originairement égale à 7 nœuds, portée jusqu'à 10 nœuds.

811. Les *flancs* (en anglais *sides*) sont les parties parallèles de la coque qui s'étendent entre les parties extrêmes effilées, auxquelles on donne le uom de *façons-avant* et *façons-arrière*. Comme elles, les flancs doivent être, dans toute la partie immergée, lisses et exempts de creux et saillies capables d'entraver le libre écoulement du liquide. Il est, au reste, aisé de reconnaître les parties défectueuses aux petits tourbillons qui s'y produisent.

Les flancs ne sont pas toujours des murailles droites et perpendiculaires à la surface de l'eau ; souvent ils sont rentrés ou renflés, selon diverses formes très-variées qui n'intéressent pas notre sujet. Du moment que ces formes n'entravent pas le libre écoulement du fluide, qu'elles ne favorisent pas la résistance de l'air, et qu'elles ne nuisent pas à la stabilité de la coque, leur influence est nulle sur la résistance au mouvement.

812. Les *proportions respectives* des flancs et des façons extrêmes sont aussi incertaines que variables ; trois systèmes existent sur ce point :

1° Façons-avant courtes et longues façons-arrière.

C'est le type le plus ancien et le plus généralement admis. Le navire croît alors en largeur depuis la tête jusque vers le premier tiers ou premier quart de la longueur; au delà de ce point et après un développement plus ou moins prolongé des flancs, les façons-arrière commencent. La nature nous offre ce type de construction navale dans presque tous les poissons, notamment dans la bonite, le dauphin et le marsouin, dont la vélocité natatoire est connue.

2° Les façons-avant sont très-longues et les façons-arrières courtes. C'est le précédent type renversé. Ce système (dit des clipers américains) n'existe pas seulement aux États-Unis, on le rencontre dans un assez grand nombre de steamers anglais taillés pour la vitesse; exemple, l'*Atalante* (du Havre à Southampton), qui sur 42 mètres de longueur totale environ, a 6 mètres seulement de façons-arrière, et près de 20 mètres de façons-avant.

3° Les façons extrêmes sont égales comme dans la frégate *Primauguet* et beaucoup de navires de guerre. C'est évidemment la forme qui convient aux bateaux appelés à naviguer à volonté en arrière ou en avant sans virer.

La nature ne nous offre les deux derniers types dans aucun poisson.

L'expérience n'a pas encore prononcé sur le mérite comparé des trois types; disons seulement que les deux premiers se retrouvent ordinairement dans les bâtiments à vapeur taillés pour la course, et le troisième dans les bâtiments où il convient de sacrifier la vitesse à la finesse des formes, afin d'avoir dans la coque plus de capacité intérieure.

Car, répétons-le bien, en finissant, la finesse des

formes n'a rien d'absolu dans la navigation : nul doute qu'elle ne favorise la diminution de résistance. Mais la preuve que le raccordement des parties extrêmes et le rapport des proportions respectives de toutes les parties du navire, contribuent, autant que l'acuité, à diminuer la résistance, c'est qu'il y a des bâtiments à formes médiocrement pleines qui offrent beaucoup moins de résistance à la marche que d'autres d'une extrême finesse. Concluons de là que certains constructeurs se trompent quand ils pensent avoir tout fait pour la vitesse en effilant les extrémités d'une coque.

D'ailleurs, un bateau ne doit pas seulement *courir*, il doit aussi *porter;* or plus on amincit ses extrémités, plus on réduit sa capacité intérieure, et plus il s'immerge dans la masse liquide; c'est à bien proportionner l'élancement extérieur avec la capacité intérieure que se juge principalement l'art du constructeur.

§ II. — Immersion de la coque.

813. On a vu que tout bateau s'*immerge*, c'est-à-dire enfonce dans la masse liquide d'une quantité qui varie avec son chargement et sa forme, et qu'on nomme *tirant d'eau*. Ainsi, dire qu'un bateau *tire* ou *cale* 2 mètres d'eau, c'est exprimer qu'il y plonge de 2 mètres, et qu'il échouera partout où il ne rencontrera pas cette profondeur. L'expression seule de tirant d'eau indique un effort à vaincre, une résistance contre laquelle il faut tirer pour faire marcher le navire, et que cette résistance augmente avec l'enfoncement; d'où il suit déjà qu'en principe général, pour moins résister et ne pas échouer, les bateaux doivent tirer le moins d'eau possible. Cela est vrai, mais

dans certaines limites, toutefois; car on verra que cet enfoncement est en même temps nécessaire à la stabilité du navire.

Le tirant d'eau peut être *égal* pour toutes les parties du navire; mais il est souvent *plus grand en arrière qu'en avant :* l'expérience paraît même favorable, en certains cas, à cette circonstance. Pour avoir dans ce cas le *tirant moyen*, on prend la moyenne du tirant aux extrémités. Ainsi si une coque cale 3 mètres d'eau en avant et $4^m,30$ à l'arrière, le tirant moyen sera $\frac{4,30 + 3}{2} = 3^m.65$.

Le *tirant moyen* est aussi celui du navire modérément chargé à l'ordinaire. Le *tirant maximum* est celui qui a lieu sous charge complète et qui ne peut être dépassé, soit par sécurité, soit par prescription de l'autorité administrative.

Le *tirant d'eau à vide* est celui de la coque quand elle est *lége*, c'est-à-dire vide et sans chargement.

Enfin, *la ligne de flottaison* ou *ligne d'eau* est celle qui est tracée horizontalement tout autour de la coque, indiquant le tirant d'eau qu'il subit quand il est chargé. Il y a autant de *lignes réelles* de flottaison qu'il y a de degrés d'immersion de la coque; mais il y a une flottaison maxima ainsi qu'un tirant d'eau maximum qui ne peuvent être dépassés.

Il y a un degré d'immersion moyen, en vue duquel tout a été combiné pour la réunion des qualités du navire. Quand, par le chargement, ce degré est atteint, on dit que le navire a son *tirant d'eau normal* ou *de régime;* c'est à ce tirant d'eau qu'on opère toutes les expériences propres à reconnaître que le constructeur a réussi dans son œuvre et qu'il a rempli ses engagements.

814. *La quantité dont une coque donnée enfonce* dans la masse liquide est proportionnelle au poids du volume d'eau déplacé et auquel elle se substitue. Tel est le principe connu en physique sous le nom de loi des corps immergés d'Archimède. Le volume d'eau déplacé n'est autre que le volume immergé de la coque elle-même, et ce volume, évalué en litres, peut être représenté par le poids correspondant. Soit donc :

$P$ le poids en tonnes qui charge le bateau ;
$l$ la longueur moyenne de la coque, en mètres ;
$l'$ la largeur de la coque, en mètres, au maître-bau (827) ;
$h$ la quantité dont le bateau enfonce dans l'eau, en mètres ;
$k$ le rapport du parallélipipède circonscrit au volume réel.

On déduira des deux règles ci-dessus les formules suivantes pour calculer le tirant d'eau, la charge et les dimensions d'un navire.

1° *Poids* P capable de faire enfoncer d'une quantité $h = 0{,}50$ un bateau ayant une longueur $l = 50$ mètres et une largeur $l' = 5$. La valeur du coefficient étant $k = 0{,}8$. On aura :

$$P = ll'hk = 50 \times 5 \times 0{,}50 \times 0{,}8 = 100 \text{ tonnes.}$$

2° *Tirant d'eau* $h$ que prendra sous une charge $P = 100$ tonnes un navire dans lequel $l = 50$ mètres, $l' = 5$ et $k = 0{,}8$. On aura :

$$h = \frac{P}{ll'k} = \frac{100}{50 \times 5 \times 0{,}8} = 0^{m},5.$$

3° *Longueur* $l$ de la coque d'un bateau où $P = 100$ tonnes, $l' = 5$, $h = 0{,}5$ et $k = 0{,}8$

$$l = \frac{P}{khl'} = \frac{100}{0{,}8 \times 0{,}5 \times 50} = 50 \text{ mètres.}$$

4° *Largeur* $l'$ de la coque d'un bateau où P, $h$, $k$ sont comme ci-dessus, et $l = 50$ mètres.

$$l' = \frac{P}{khl} = \frac{100}{0{,}8 \times 0{,}5 \times 50} = 5 \text{ mètres.}$$

5° *Valeur du rapport* $k$, c'est-à-dire mesure de l'effilement d'un bateau où P, $l$, $l'$, $h$ sont comme ci-dessus. On aura

$$k = \frac{P}{ll'h} = \frac{100}{50 \times 5 \times 0{,}50} = 0{,}8,$$

c'est-à-dire que le volume réel (808) de la partie immergée du bateau devra être diminué jusqu'à ce qu'il ne soit plus que les huit dixièmes du parallélipipède circonscrit. Si on l'effilait davantage, suivant un rapport $k = 0{,}3$, par exemple, les dimensions et charges restant comme ci-dessus, la deuxième formule donnerait pour tirant d'eau $h = \frac{100}{50 \times 5 \times 0{,}3} = 1^{m},33$.

815. Il reste à expliquer ce que sont le déplacement et le tonnage d'un bâtiment à vapeur ou autre.

*Le déplacement* d'un navire ne doit pas être confondu avec son jaugeage ou tonnage, bien que la même unité (le tonneau métrique de 1000 kilog.) serve à les évaluer tous deux (1).

(1) Dans la marine l'évaluation du tonneau, mesure de jaugeage, est loin d'être uniforme.

| | |
|---|---|
| La tonne anglaise (20 quintaux) vaut. . . . . . | 1015,65 kilog. |
| La tonne du commerce (2000 livres anciennes). | 978,78 kilog. |
| Le tonneau de vin ou grains. . . . . . . . . . . | 725 kilog. |
| Le tonneau de volume ou d'arrimage. . . . . . . | $1^{mc},50$ |
| Le tonneau d'arrimage pour la houille. . . . . . | 1 mètre cube. |

Enfin on distingue dans les ports le tonneau de *registre* et le tonneau

Le déplacement est le volume total d'eau auquel la carène (808) se substitue en enfonçant dans la masse liquide ; il est la vraie mesure du poids total de la coque.

*Le tonnage* ou *jaugeage* n'est au contraire que le poids de marchandises qu'il faut ajouter au poids propre du bâtiment pour l'immerger jusqu'à une ligne de flottaison voulue. Ainsi, soit un bateau à vapeur qui, par le poids seul de sa coque et de sa machine, déplace un volume d'eau dont le poids égale 400 tonnes, et qui en déplace en outre 500 quand il est chargé de manière à enfoncer jusqu'à sa ligne normale de flottaison (813) : son *déplacement* total en charge sera de 900 tonneaux bien que son *jaugeage* ne soit que de 500 tonneaux.

En d'autres termes, le jaugeage n'est que le déplacement utile et une fraction plus ou moins grande du déplacement total et proprement dit.

A égalité de dimension, le jaugeage d'un bâtiment à vapeur est beaucoup moindre que celui du navire à voiles, à cause de la machine et de la provision de houille qui l'accompagne, et qui réduit souvent de moitié le chargement utile : d'où on peut déjà conclure combien il importe de réduire les appareils à vapeur à leur moindre poids, volume et consommation.

816. C'est sur le tonnage que s'évalue l'importance commerciale des navires et que se perçoivent les droits de navigation. *Son évaluation* ayant dans la pratique soulevé de fréquentes contestations (1), la loi du 12 nivôse an II

---

*réel*; le premier est celui qui résulte du jaugeage administratif tel qu'il va être évalué. Le jaugeage réel est celui que le constructeur a calculé et qui correspond effectivement à la quantité d'eau déplacée.

(1) Voir sur ce sujet les observations de M. Henderson à la Société des ingénieurs civils de Londres, séance du 8 novembre 1853.

et l'ordonnance du 18 novembre 1837 ont prescrit la méthode suivante pour jauger les bâtiments.

Multipliez la longueur moyenne $l$ intérieure de la coque (1) par la plus grande largeur $l'$ au maître-bau ; puis, par le creux $h$; divisez ce produit par le nombre 3,80, le quotient sera le *port* ou tonnage du bâtiment en tonneaux métriques. Exemple : soit la longueur $l = 60$ mètres, la largeur $l' = 12$ mètres, le creux $h = 8$ mètres, le tonnage sera $\frac{l \times l' \times h}{3,80} = \frac{60 \times 12 \times 8}{3,80} = 1519$ tonneaux.

Pour les bâtiments à vapeur, la machine prend une grande partie du tonnage ; l'ordonnance du 18 août 1839 a décidé que les quatre dixièmes du navire seraient légalement censés occupés par la machine et ses approvisionnements ; le reste compose seul le *tonnage utile* : ce qui donne la formule $\frac{l \times l' \times h}{3,2} \times 0,6$.

Ainsi, dans l'exemple précédent, le tonnage utile serait $1519 \times 0,60 = 912$ tonneaux. (Voyez *Dictionnaire de marine*, de M. Paris, au mot Jaugeage.)

§ III. — Proportions respectives des bâtiments à vapeur.

817. Les dimensions absolues des navires en général, et des bâtiments à vapeur en particulier, n'ont d'autres limites que celles que leur imposent la largeur et la profondeur des passes où ils doivent naviguer. On voit par

(1) La longueur moyenne est la moyenne proportionnelle entre la longueur mesurée intérieurement sur le pont, et dans la cale sous l'entrepont.

les tableaux O et suivants du chapitre V que certaines coques atteignent au delà de 150 mètres de long ; d'autres peuvent porter un chargement égal à ceux des plus forts vaisseaux de ligne : les puissances motrices de 500 chevaux sont devenues communes. La marine impériale de guerre a des vaisseaux munis de machines de 1000 chevaux et de 1200 chevaux. Sur les fleuves d'Amérique, il existe des palais flottants de 2000 chevaux de force. Enfin, nous avons parlé du steamer-géant qui se construit à Londres, d'après les plans de Brunel et sur les chantiers de Scott-Russel, qui aura 225 mètres de long, 3000 chevaux de force (1), et portera plus de quatre fois le chargement du plus gros vaisseau de guerre.

L'antiquité avec ses moyens mécaniques restreints ne nous le cédait pas pour l'audace de ses constructions navales. On a rappelé à la Société des ingénieurs civils de Londres les dimensions de quelques vaisseaux anciens. Sans parler de la fameuse arche de Noé, qui cubait, à ce qu'on présume, 42 500 mètres cubes, l'histoire parle d'un vaisseau à rames construit en Égypte sous le règne de Ptolémée Philopator, qui avait 126 mètres de long et 17 de large, soit un septième pour rapport entre ces dimensions ; il avait en outre 22 mètres de creux et portait 8000 hommes, dont 4000 rameurs.

Qu'on juge d'après ce dernier nombre quelles devaient être les dimensions de ce vaisseau à vingt rangs de rameurs, qu'Archimède et Architas construisirent par

(1) Ce navire monstre, auquel le journal anglais le *Morning-Chronicle* donne le nom de *Leviathan*, aura près de 10000 chevaux de force effective ; il portera 12000 tonnes de charbon, 5000 tonnes de marchandises, 1000 passagers ; on espère qu'il filera 13 nœuds à l'heure et qu'il sera lancé en 1856.

l'ordre d'Hiéron de Syracuse, et qui était si grand qu'on ne put le faire arriver dans aucun port.

818. Si les dimensions absolues des bateaux à vapeur n'ont pas de limites, leurs *proportions respectives* ont au contraire un rapport qu'on ne peut excéder, et qui varie suivant la nature du service et les eaux où on navigue. Posons ici seulement quelques principes généraux : les dimensions à considérer sont le tirant d'eau, la longueur et le creux.

*Le tirant d'eau* (813) d'un navire exerce une influence de premier ordre sur sa résistance à la marche ; il est limité par la profondeur des passes à franchir. Ainsi, un bateau devant naviguer sur une rivière où les plus basses eaux peuvent réduire la profondeur du lit à 1 mètre, devra avoir un tirant d'eau limité à $0^{m},90$ au plus, c'est-à-dire qu'il devra partout laisser 1 décimètre entre le fond et sa quille. En rivière tranquille le tirant d'eau est donc presque égal à la moindre profondeur du lit ; mais en mer, dès qu'elle devient *houleuse* (agitée) le bateau a besoin d'une grande profondeur d'eau sous lui, sinon il est exposé à toucher le fond quand il descend entre deux vagues.

Le peu de profondeur étant une condition ordinaire des rivières en certaines saisons, on voit déjà que les bateaux destinés à la navigation fluviale doivent en principe tirer le moins d'eau possible, afin de n'interrompre leur service à aucune époque de l'année.

En mer et sur les lacs profonds, non-seulement on n'est pas forcé de restreindre le tirant d'eau, mais il importe au contraire de faire caler notablement les navires pour assurer leur stabilité. Autrement, ayant trop peu *de pied* dans la masse liquide, trop peu de fondation, pour

ainsi dire, la coque se renverserait par le bouleversement des vagues.

Ainsi, en deux mots, trop de tirant d'eau cause trop de résistance à la marche et expose le navire à échouer; mais un tirant d'eau trop faible l'expose à chavirer.

819. *Le creux* (depth), ou plutôt la hauteur que la coque possède au-dessus de l'eau est limitée, d'une part, par les travaux d'art sous lesquels on peut avoir à passer, et d'autre part, par la nécessité d'assurer l'équilibre stable de la coque (voyez n° 830).

Sur les rivières il existe des ponts dont les arches devraient être élevées au-dessus des plus hautes eaux de 5 mètres au moins, C'est une condition rarement remplie en France, et c'est une des premières causes de la langueur où reste la navigation fluviale; en été les bas-fonds qu'on devrait draguer abondent presqu'autant que les sinuosités du chenal qu'on devrait redresser; dans le temps des hautes eaux il ne reste souvent pas 2 mètres de passage sous les *arches marinières.* Les bâtimens ne peuvent donc s'élever au-dessus de leur ligne d'eau que dans des proportions très-restreintes. Ils y sont forcés aussi par leur faible tirant d'eau, à moins qu'on n'assure leur stabilité et qu'on ne prévienne leur chavirement en leur donnant une largeur suffisante. C'est ainsi que les plus profonds bateaux de nos rivières de France ont à peine $2^{m},50$ de creux total, tandis que sur les fleuves d'Amérique ils atteignent jusqu'à 7 mètres, quoiqu'ils ne calent pas 2 mètres, par suite de l'absence des ponts et de leur grande largeur.

Les navires de mer ne sont limités en hauteur par aucun ouvrage d'art, et cependant pour maintenir leur équilibre et ne pas chavirer au milieu du bouleversement

des vagues, leur hauteur au-dessus de la flottaison est très-restreinte (voyez nº 821 et le tableau).

820. *La longueur* (length) est limitée principalement 1º par la nécessité de donner à la coque la solidité voulue pour résister à la pression de l'eau, et 2º par la possibilité de *virer de bord* (c'est-à-dire tourner) et manœuvrer. Quelle influence a-t-elle sur la résistance? Nous l'examinerons ci-après : disons seulement ici que plus une coque est longue, plus ses extrémités se tourmentent. Quant à la facilité de virer de bord, elle limite la longueur d'après l'écartement des rives des rivières et des ports.

On fait depuis quelques années des bâtiments à vapeur destinés à marcher, comme une locomotive, indifféremmant en arrière ou en avant, sans qu'il soit jamais utile de virer de bord. Ce système, usité dit-on en Amérique, existe, ou du moins existait il y a trois ans à Londres sur quelques-uns des vapeurs-omnibus de la Tamise. Il laisse évidemment toute latitude à l'allongement des bateaux; il oblige de donner aux façons extrêmes la même forme. Nous nous étonnons que ce système n'existe pas encore sur nos fleuves rapides, où les évolutions sont si difficiles et si dangereuses.

Quoi qu'il en soit, tant qu'on n'outrepasse pas certaines limites et si on consolide suffisamment la coque, la longueur est encore celle des dimensions sur laquelle on peut s'étendre, sinon sans inconvénient, du moins avec les moindres inconvénients.

C'est la longueur qu'on peut sans trop de frais augmenter si la coque cale trop d'eau ou si on veut transporter plus de charge.

821. *La largeur* (breadth) est limitée par l'ouverture latérale des passes à franchir; en rivières et sur les ca-

naux, par les ponts, les écluses et le chenal; en mer, par l'entrée des ports et bassins. C'est de la largeur et du tirant d'eau que dépend l'étendue de la section résistante du navire; c'est d'après elle qu'on détermine principalement la force motrice et qu'on proportionne la longueur, le creux et le tirant d'eau. Son influence sur la stabilité est de premier ordre.

En la prenant pour *unité* voici les dimensions comparées adoptées dans les principales sortes de bâtiments à vapeur connus.

*Tableau comparatif des dimensions des bâtiments à vapeur, la largeur étant prise pour unité.*

| DÉSIGNATION DES BATIMENTS. | LONGUEUR. | CREUX. | TIRANT d'eau. |
|---|---|---|---|
| Vaisseaux de guerre (1) | de 3,75<br>à 4,50 | 0,44<br>0,50 | 0,33<br>0,46 |
| Frégates, corvettes et grands bâtiments de commerce | de 4,50<br>à 8,00 | 0,45<br>0,80 | 0,38<br>0,57 |
| Anciens bateaux américains pour rivières. | 4,55 | 0,25 | 0,21 |
| Bateaux américains modernes pour rivières. | de 7,80<br>à 11,00 | 0,19<br>0,34 | 0,10<br>0,16 |
| Courts bateaux de rivières étroites | de 7,30<br>à 10,00 | 0,54<br>0,63 | 0,30<br>0,15 |
| Bateaux de rivières très-allongés | de 12,00<br>à 22,00 | 0,44<br>0,56 | 0,14<br>0,17 |

Ainsi, en résumé et en général :

(1) Les anciens vaisseaux à voiles n'avaient guère que 3.30 pour rapport entre la largeur et la longueur. Ils ont été allongés pour être pourvus de machines à vapeur.

**1° Pour la navigation maritime :**

| | |
|---|---|
| La longueur n'excède pas 7 fois. . . . . . . . . . | la largeur. |
| Le creux dépasse peu les 0,69 de . . . . . . . . . | |
| Le tirant d'eau varie du tiers à la moitié de. . . . | |

Ce même tirant d'eau égale le tiers au moins, les deux tiers au plus, et en moyenne la moitié du creux total.

2° Pour la navigation des rivières tranquilles et peu profondes :

| | |
|---|---|
| La longueur atteint sans inconvénient 16 fois. . . | la largeur. |
| Le creux ne peut égaler plus de la moitié de. . . | |
| Le tirant d'eau peut descendre jusqu'au dixième de | |

D'après MM. Callon et Mathias, les dimensions fondamentales sont les suivantes :

1° Le rapport de la longueur à la largeur est :

| | |
|---|---|
| En mer. . . . . . . . . . . . . . . | 8 |
| En rivière.. . . . . . . . . . . . . | 15 |

2° La largeur égalant deux fois le creux permet d'obtenir une stabilité passable même sur rivière.

822. Le *rapport de la largeur à la longueur* des navires mérite en ce moment une grande attention. On a vu aux n$^{os}$ 44 et 51, et on verra ci-après (843), que la résistance à la marche augmente beaucoup moins, en raison de la longueur que de la largeur et de l'immersion. De là on a cru pouvoir allonger indéfiniment les coques en diminuant la section transversale; mais on est tombé dans une double erreur : 1° il est reconnu qu'au delà de certaines limites la résistance des solides au mouvement dans les fluides et liquides (51) augmente notablement avec la longueur; 2° on est arrivé par ce grand allongement à faire des bateaux, rapides peut-être, mais si

dépourvus de stabilité et de solidité, qu'un grand nombre a péri même sur les rivières.

Sans doute, les dimensions anciennement consacrées étaient insuffisantes ; il est constaté qu'en allongeant les coques, on a gagné de la vitesse ; mais nous croyons qu'on est tombé dans l'exagération. L'Amérique, bien avant l'Europe, avait passé par cette erreur ; et M. Marestier (1) nous apprend que les bateaux allongés y ont eu une courte faveur.

Cette question de l'allongement des coques a été discutée dans le mémoire cité au n° 809 ; nous y avons conclu qu'en principe général la longueur des bâtiments à vapeur les plus élancés pour la course ne pouvait guère excéder en général :

6 à 8 fois la largeur en mer.
12 à 16 fois — en rivière.

Ces nombres laissent beaucoup de latitude, et nous sommes même plus généreux que la plupart des auteurs qui ont écrit sur ce sujet. On a vu que le nombre 6 en mer et le nombre 12 en rivière étaient un maximum pour beaucoup de constructeurs ; les anciens bâtiments étaient loin d'atteindre ce rapport ; nos vieux navires de guerre ont au plus en longueur 4 fois et bien souvent 3 fois 1/2 leur largeur. Ce rapport ne dépasse pas 6 dans les célèbres clippers américains, qui font si rapidement le service transatlantique de France et d'Angleterre.

Ce faible rapport entre la longueur et la largeur paraît dater des plus anciens temps de la navigation. On en

(1) *Mémoire sur la navigation à vapeur en Amérique*, par Marestier, page 45.

voit la preuve dans le vaisseau de Ptolémée, dont il est parlé au n° 817; il avait 1/7 pour coefficient de longueur. La fameuse arche de Noé, où ce rapport était, dit-on, égal à 1/6, prouve au moins que, dès les premiers âges, cette proportion était, pour ainsi dire, instinctive aux navigateurs, et qu'ils y trouvaient réunies les conditions de marche et de solidité. Cette observation s'applique toutefois plus au bateau de Ptolémée qu'à l'arche de Noé : le premier était éminemment un navire rapide; dans la seconde tout était sacrifié à la solidité.

823. Veut-on descendre étudier ce rapport jusque sur les yoles et petits canots? On voit d'abord qu'à Paris une ordonnance de police du 25 octobre 1840 fixait leur longueur à $4^{m},60$ et leur largeur à $1^{m},25$, soit 3,7 le rapport entre elles. L'ordonnance du 10 juillet 1853 a ensuite modifié la précédente en portant la longueur maxima à 4 mètres et la largeur correspondante à 0,90, ce qui élève le rapport à 4,5 en nombre rond. Les plus longues yoles n'ont jamais eu en longueur plus de 7 fois leur largeur, sauf quelques pirogues d'amateurs tout à fait exceptionnelles.

Si l'on considère enfin les poissons connus par leur vélocité natatoire; exemple, le dauphin, le balénoptère, le requin, le scumber et le saumon, on trouve que le rapport de la longueur à leur épaisseur varie entre 6 à 7.

Le saumon qui, d'après les naturalistes, parcourt 8 mètres par seconde, a souvent en largeur à peine 6 fois son épaisseur ou plus petite dimension transversale. Le plus long dauphin du Muséum de Paris a 4,95 de long sur $0^{m},57$ d'épaisseur, soit 8,6 pour rapport entre ces deux dimensions; le plus effilé a 1,64 de long sur 0,23 de large, soit 7 pour rapport. Celui-ci s'élève à 9 dans la

sphyrène; il est plus élevé sans doute dans l'anguille, mais son exemple doit être écarté; car son mode de locomotion n'a rien de commun avec celui des navires.

824. Si l'on objecte que la plupart des bateaux connus par leur grande vitesse sont très-allongés, nous répondrons : 1° Il n'est pas prouvé que, déplaçant le même volume d'eau sous des formes moins allongées, ces bateaux n'eussent pas conservé leur vitesse à égalité de bonnes conditions dans la coupe du navire et dans la machine. 2° La vitesse n'est pas la seule condition d'un bateau à vapeur; le minimum de résistance, la stabilité et la sécurité sont pour le moins aussi essentielles.

Cette question a été discutée à la Société des ingénieurs civils de Londres aux séances de novembre 1853 (1). Entre autres faits remarquables, on a constaté dans la comparaison d'un certain nombre de bâtiments à vapeur que ceux dont la longueur n'excédait pas 6 fois la largeur l'avait emporté en vitesse snr ceux où le rapport égale le nombre 8. Il est vrai qu'on a cité aussi l'exemple du steamer de transport *the Tonning*, où, sans changer la puissance motrice, il a suffi d'élever le rapport en question à 8 mètres au lieu de 7 pour augmenter la vitesse de deux nœuds par heure et rendre le bâtiment plus apte à naviguer. Ces exemples contradictoires ne prouvent pas grand'chose; car le sillage d'un navire dépend de beaucoup de conditions, ou le rapport des dimensions peut ne jouer qu'un rôle secondaire.

(1) Voyez les mémoires de M. Henderson, en 1847 et 1853, et la discussion aux ingénieurs civils de Londres; *Comptes rendus de la Société*; id., *Mechanics magazine*; id., *Bulletin de la Société d'encouragement*, année 1854.

Mais ce qui est résulté de la discussion aux ingénieurs civils de Londres est que, si un accroissement de longueur au delà des proportions anciennement consacrées, est rationnel, le rapport de la longueur à la largeur ne peut guère excéder 8, ainsi que nous l'avons indiqué. M. Henderson n'était pas aussi généreux ; mais le rapport 8 nous paraît avoir été généralement approuvé à la Société des ingénieurs de Londres.

Bourne (*Traité de l'hélice*) indique aussi que la longueur a ses limites, même au point de vue de la résistance : un navire d'une puissance et d'un déplacement déterminé pourrait être, dit-il, tellement allongé que sa résistance serait augmentée par le surcroît de frottement de la carène ; et cela dans un rapport plus grand que la diminution d'obstacles obtenue par des formes aiguës, et il s'est présenté des cas où des navires ont été faits trop aigus, au point que la même puissance appliquée à des formes pleines donnaient de meilleurs résultats.

### § IV. — Consolidation de la coque.

825. Dans un bâtiment à vapeur, il faut parer à quatre sortes de déformations spéciales :

1° *Le gondolement* et la *déviation* des parois latérales ;

2° *Le fouettage* ou serpentement des extrémités ;

3° *Les vibrations* ou secousses de tout le système ; résultat d'une trop grande élasticité, conséquence d'une faiblesse générale de ses parties ou des perturbations du mécanisme, ou enfin du jeu vicieux du propulseur ;

4° *La flèche* ou relèvement des extrémités par l'effet du poids de la machine qui pèse au milieu, et de la pression du liquide qui relève lesdites extrémités.

Le fouettage et les vibrations ne se ressentent qu'en marche ; ils sont désagréables pour les passagers, fatiguent les assemblages de la coque et abrégent sa durée. Le gondolement et la flèche constituent une déformation permanente. Le premier est un vice de construction impardonnable. Les autres défauts sont dans les bâtiments à vapeur un mal presque inévitable, auquel il faut plus ou moins payer tribut ; mais ils peuvent être notablement affaiblis. Ainsi, le vaisseau *Napoléon*, chargé d'une des plus lourdes machines qu'on connaisse, n'a encore éprouvé, assure-t-on, que 11 centimètres de flèche, c'est-à-dire que le milieu a baissé de 11 centimètres par rapport aux extrémités. C'est encore beaucoup trop, sans doute ; mais relativement, c'est une faible déformation.

**826.** Ceci posé, entrons dans quelques détails sur la construction et la consolidation de la coque des bâtiments à vapeur pour supporter la machine et résister à ses actions perturbatrices, ainsi qu'aux pressions hydrostatiques qui leur sont communes avec tous navires.

***Dans sa construction générale***, la partie extérieure de la coque, dite ***bordage***, est formée de pièces ou douves de bois jointives et opposant leur ***droit-fil*** aux efforts déformateurs. Si la coque est en fer (1), elle se compose de feuilles de tôle, assemblées à rivures fraisées, soit en superposant les bords des feuilles et les unissent par une seule ligne de rivets, soit en les posant bout-à-bout avec

(1) Voyez sur le mérite comparé des bateaux en bois ou en fer le mémoire de M. Dupuy-de-Lôme, ainsi que les mémoires et discussions au *Civils Engineers-Journal*, en 1841.

une plate-bande en dessous qui les relie par deux lignes de rivets (133 et 138). Chaque ligne de bordage en bois ou de feuille de tôle d'une extrémité à l'autre de la coque s'appelle une *virure*.

Quand le bâtiment est très-vaste, ou appelé à supporter une fatigue inusitée, la coque est, pour ainsi dire, double, c'est-à-dire formée de deux enveloppes concentriques avec une multitude d'entretoises entre-deux formant un ensemble de cellules rectangulaires remplies ou non. Le steamer-monstre de Brunel (805) est ainsi formé. Ce système de coque cellulaire à double enveloppe a été emprunté au célèbre pont-tube de Stephenson, dit *Britania-Bridge*, qui a fait ses preuves de rigidité.

827. Le bordage extérieur de la coque est intérieurement soutenue par un ensemble de pièces transversales en bois ou en fer appelées *couples* ou côtes (frames). Ce dernier nom les définit : leur ensemble constitue la *membrure* ou squelette du navire.

Chaque couple est fermé dans le haut par une pièce horizontale légèrement surélevée au milieu, nommée *bau* (beam). Les baux soutiennent le pont. Celui-ci réunit à son tour les baux, comme le bordage réunit les couples pour former les parois latérales du navire.

Si la coque était prismatique, tous les couples et leurs baux seraient semblables; mais en raison de l'effilement des façons extrêmes, leur section varie, ainsi que leur forme, à mesure qu'on avance vers les deux bouts de la coque où sont les plus petits baux et couples.

Le bau et le couple, placés à la partie la plus évasée de la coque en sa *maîtresse-section* se nomment *maître-bau* et *maître-couple;* on mesure sur eux la plus grande

largeur et la plus grande section du bâtiment. La partie du maître-couple, au-dessous de la ligne de flottaison, est la *section immergée du maître-couple*, dite aussi *section résistante* du navire.

Pour consolider la coque, il faut d'abord que les couples soient convenablement rapprochés, surtout à l'endroit de la machine, et résistant par leur forme et leur dimension. On les relie ensuite longitudinalement et transversalement.

828. *Dans le sens longitudinal, la consolidation* est obtenue par la quille, les carlingues, les préceintes, le vaigrage et les douves des ponts.

La *quille* (keel) est une longue et très-forte pièce horizontale, massive ou creuse, sur laquelle s'attachent les couples par le bas, comme les côtes s'attachent à la colonne vertébrale dans l'homme et les animaux; elle forme, pour ainsi dire, la fondation du bâtiment; elle se relève à l'arrière et à l'avant : la partie relevée à l'arrière est l'*étambot*, la partie relevée à l'avant est l'*étrave*. On mesure la plus grande longueur du navire entre l'étrave et l'étambot sur le pont.

L'*étambot* (stern-post) est perpendiculaire à la quille ; il porte le gouvernail, termine et porte la poupe (810).

Dans les navires à hélice, ce propulseur se loge dans un cadre dont l'étambot forme un des montants, lequel supporte, par un palier, le bout de l'arbre porte-hélice ; ce montant doit donc être excessivement fort.

L'*étrave* (stem) ou partie relevée à l'avant et terminant la proue s'inclinait jusqu'ici sous un certain angle ; on a vu au n° 809 que beaucoup de constructeurs la relèvent aujourd'hui perpendiculairement à la quille, parce qu'il leur a paru que les étraves et les proues inclinées favo-

risaient ce gonflement de l'eau en avant, qu'on a nommé proue liquide.

Quoi qu'il en soit, rien n'empêche de lui donner, au-dessus de la ligne d'eau, cette forme arquée ou en col de cygne que les marins trouvent plus gracieuse, et qu'ils aiment à ornementer.

Les *carlingues* (kalsons) sont de très-fortes pièces, parallèles à la quille, mais placées intérieurement dans le fond de la coque et reliant, comme la quille, les couples par le bas: il en existe au moins deux, fixées l'une et l'autre à égale distance de l'axe du navire.

Les *préceintes* ou lisses (bends ou rails) sont des pièces qui entourent intérieurement ou extérieurement la coque dans toute sa longueur, en reliant les couples dans les parties supérieures. Les préceintes, qu'il y aurait utilité de placer dans la partie de la coque, près ou dessous la ligne d'eau, sont nécessairement intérieures; celles qu'on place au niveau du pont et des fenêtres ou sabords sont généralement extérieures.

Les *douves* de pont servent, comme les préceintes, à relier longitudinalement les couples ou plutôt les baux qui ferment les couples; elles doivent donc être posées en long et non en travers du bâtiment, comme on le fait quelquefois.

Le *bordage* (board) et le *vaigrage* (waling) sont les termes usités dans les chantiers de constructions navales pour désigner l'action de recouvrir la membrure que forme l'ensemble des couples : le bordage se fait à l'extérieur et le vaigrage à l'intérieur. Afin de donner au bâtiment plus de force dans le sens longitudinal, surtout vers la partie occupée par la machine, on pose diagonalement les pièces du vaigrage; mais comme le poids

des machines tend à arquer la coque par le relèvement des extrémités moins chargées, on ne néglige rien pour fortifier le milieu du navire, en renforçant et en multipliant les carlingues, l'épaisseur des parois latérales, etc.

829. *On consolide transversalement* la coque par les varangues, les cloisons étanches ou autres, les épontilles, ainsi que par les baux et les barrots.

Les *baux* (beams) dont il a déjà été parlé (827) sont de très-fortes pièces transversales qui supportent le pont principal.

Les *barrots* (beams ou barlings) ont le même but et sont, à proprement parler, des baux secondaires qui soutiennent les autres ponts, si le navire possède intérieurement plusieurs étages.

Les *varangues* (floor timbers, bilges) sont de fortes pièces transversales en bois ou en tôle, correspondant aux baux, et qui fortifient la partie inférieure des couples, maintiennent l'écartement parallèle des carlingues et consolident tout le fond du navire. On les multiplie et on les fortifie ainsi que les carlingues, surtout à l'endroit de la machine, car ces pièces servent à l'asseoir.

Les *cloisons étanches* (bulk-heads) sont des cloisons pleines, aussi solides que le bordage et s'appliquant hermétiquement sur les parois latérales. Outre qu'elles consolident transversalement le navire, elles le divisent en plusieurs compartiments distincts, afin qu'une voie d'eau survenant dans l'une d'elles, les autres parties du bâtiment puissent être préservées : sans elles certains bâtiments eussent infailliblement sombré, même en rivière.

Les cloisons étanches s'appliquent maintenant à tous navires, même aux chalands de transport. Les bateaux à vapeur en ont au moins deux situées aux deux bouts de

la chambre de la machine, et une à l'avant pour parer au cas des rencontres. Le vapeur *Vesta* lui a dû récemment son salut dans sa désastreuse collision avec l'*Artic* en 1853, où près de 300 personnes ont péri.

Les *épontilles* ou *étançons* (pillars) ne sont autre chose que des étais ou colonnes verticales placées entre les varangues et les baux pour diminuer la portée de ceux-ci. Leur importance est très-grande au point de vue de la consolidation générale.

Quant à la multiplicité des ponts et des entre-ponts dans les grands navires, il est inutile d'insister sur les ressources qu'ils offrent dans le même but.

En général, rien ne doit être inutile dans un navire, où il importe, à tout prix, de ménager le poids et l'espace; toutes les cloisons intérieures, même celles des chambres, les escaliers et le mobilier lui-même, doivent être solidaires et concourir à la consolidation du navire.

### § V. — Stabilité de la coque.

830. On dit qu'un navire flottant est stable ou plutôt doué d'équilibre stable lorsqu'il se tient sur l'eau sans tendance à verser, sans balancement, sans secousses, et qu'il tend aisément à reprendre sa position normale quand une cause étrangère l'a incliné.

Dans sa position normale, un navire doit se tenir sur l'eau, de manière à ce que ses ponts soient horizontaux. Sur l'eau tranquille, cette position est seule régulière; en mer, l'action du vent sur les voiles incline toujours le navire d'une certaine quantité *sous le vent*; mais dès que la pression de celui-ci cesse, un navire doué de stabilité, doit revenir à sa position horizontale.

Outre l'effet des voiles, il existe diverses causes pouvant incliner le navire; les unes sont permanentes, les autres transitoires. Ces causes sont :

1° Un chargement mal réparti, qui fait pencher le navire d'un côté, ou bien soit de l'arrière, soit de l'avant. Sur les bateaux de rivière à très-faible tirant d'eau, il suffit que les voyageurs se portent en masse sur un même point du bateau pour déterminer une inclinaison sensible.

2° Un défaut de proportions, un excès de longueur, une hauteur excessive, une trop faible largeur, et surtout une trop grande élévation du centre de gravité. Nous reviendrons sur ce dernier point (832). Quant aux dimensions, il en a été parlé au n° 818. Bornons-nous donc à dire ici que les vices de construction présentement signalés peuvent, même en eau tranquille, imprimer à la coque des oscillations en sens divers, qui ne disparaîtront, comme dans le cas précédent, que par le remaniement de la charge et des proportions.

3° Parmi les causes d'instabilité, il faut encore compter les secousses, les vibrations et les balancements que peut imprimer à la coque le jeu vicieux de la machine motrice et des propulseurs. On a vu au n° 818 que si ces secousses pouvaient leur être dues comme cause première, elles pouvaient être attribuées en même temps au défaut de solidité de la coque.

4° L'agitation de la masse liquide, le soulèvement des flots, les coups de vent, le tir des canons sur les bâtiments de guerre, sont encore des causes qui impriment transitoirement à la coque des mouvements d'inclinaison.

831. Les navires peuvent éprouver diverses natures d'inclinaison, secousses ou balancement :

1° Le *roulis* ou balancement latéral de tribord (côté droit, en regardant a proue), à babord (côté gauche) ou réciproquement, la forme trop arrondie de la carène, l'action des voiles sous certaines allures, l'*arrimage* (répartition du chargement et du gréement), le contre-coup des vagues, le tir d'une bordée de canons, une hauteur excessive relativement à la largeur, telles sont les principales sources du roulis.

2° Le *tangage* ou balancement de l'arrière à l'avant ou réciproquement, les coups de mer par l'arrière ou par l'avant, les voiles sous certaines allures et un excès de longueur ou d'évidement des façons extrêmes, telles sont les principales causes du tangage.

3° Le *serpentement* en marche, qu'on pourrait comparer au mouvement de lacet des chemins de fer, est une sorte d'instabilité qui se produit sur les bateaux à vapeur, où les propulseurs, placés latéralement, frappent alternativement l'eau; elle peut résulter aussi des tiraillements que produisent sur l'arbre moteur de deux roues ou de deux hélices, deux machines conjuguées trop écartées et mal assises sur des bâtis qui cèdent, ainsi qu'il arrive dans une locomotive où l'action successive do deux cylindres trop écartés cause ce qu'on a nommé le mouvement de déhanchement (756). Le bateau, tourmenté par les mêmes causes que la locomotive, n'aura lui aussi qu'une sorte de déhanchement, s'il est assez rigide pour que toute sa masse se meuve en même temps; dans le cas contraire, son élasticité mise en jeu lui causera un serpentement véritable. Cette nature d'instabilité est surtout commune aux légers bateaux de rivière très-allongés et à faible tirant d'eau.

4° Certains bateaux tendent à se projeter en arrière

ou en avant : c'est encore une cause d'instabilité qu'on rencontre surtout dans les bateaux à vapeur légers, et qui provient de la machine, lorsque celle-ci ne comporte qu'un seul cylindre à grande course, grande vitesse de piston et grande détente ; voici le phénomène que l'on constate : au début de la course, le piston part rapidement sous l'action de la vapeur qui agit avec toute sa pression, puis cette pression décroît, ainsi que la vitesse, dans la détente, jusqu'au point mort au delà duquel il repart avec sa vitesse instantanée, agissant ainsi par saccades et soubresauts, qu'on a comparés à l'action d'un homme agissant par *coups d'épaule* contre une résistance.

On a reconnu là l'effet de la détente dans les machines non pourvues de volants. Cet effet, qui s'exerce en pleine liberté dans les machines à un seul cylindre, est, dans certaine mesure, atténué avec l'accouplement de plusieurs machines. Ce point a été développé dans le mémoire cité au n° 809.

Les causes de perturbation qui viennent d'être énoncées n'influent pas toutes sur la marche, mais elles fatiguent au moins la coque et y rendent pénible le séjour des passagers et gens d'équipage.

832. Les secousses proviennent, on l'a dit, de diverses causes imputables à la coque ou au moteur ; mais la tendance à verser, la plus grave de toutes les conséquences de l'instabilité, tient à la position d'un point fictif nommé *méta-centre*, par rapport au centre de gravité du navire entier et de la carène ou du volume d'eau déplacé par elle.

*Le centre de gravité du bâtiment* est le point autour duquel tous les poids et toutes les parties de ce bâtiment se

ont équilibre. Quand on considère les conditions de marche d'un navire, le centre de gravité dont on s'occupe est évidemment celui qui correspond à l'état de chargement normal. Le centre de gravité du navire entier se nomme aussi *centre de système*; il passe évidemment par l'axe de la coque, puisque ses deux portions sont entièrement symétriques si le navire est bien fait.

*Le centre de gravité de la carène* ou du volume d'eau déplacé par elle, dit aussi *centre de carène ou de volume*, est un point autour duquel tous les autres points de la carène ou partie immergée du navire sont symétriquement placés. C'est par ce centre que passe la résultante des lignes représentant les poussées verticales de l'eau sous le navire. En effet, les corps flottants sont soumis à deux poussées verticales contraires : par leur pesanteur, ils tendent à descendre de haut en bas (8), et par la pression du liquide sous la partie plongée, ils tendent au contraire à remonter de bas en haut. Ce double phénomène se constate sur le premier solide flottant qu'on presse avec la main pour le faire enfoncer dans l'eau.

Considérant un navire ou un corps flottant quelconque en repos et assujetti uniquement à ces deux forces, la pesanteur et la pression de l'eau, la résultante de chacune d'elles passera évidemment par le centre de gravité du navire lui-même ; sans cela, il tournerait et se renverserait au lieu de conserver le repos.

On démontre en hydrostatique que la résultante des pressions verticales de l'eau sous le navire passera par le centre de gravité de la carène. Nous disons qu'il ne s'agit que de pression verticale, car les pressions latérales qui compriment également les flancs se détruisent.

833. Tant que le navire reste en repos et à son état

horizontal, il est en équilibre; les centres *de système* et *de carène* sont alors sur une même ligne, qui n'est autre que l'axe *ab* (fig. 17) du navire. Mais si l'agitation de l'eau, ou toute autre cause extérieure, fait qu'il s'incline, le volume immergé de la carène n'aura plus son centre de gravité sur la direction du centre de gravité du navire; celui-ci restant toujours comme ci-dessus en *g*, le premier sera quelque part en *y*. Du côté de l'inclinaison, le vertical *cd*, passant par cepoint *y*, coupera en un point *m* l'axe du navire. C'est à ce point *m* qu'on a donné, dans les traités de constructions navales, le nom de *méta-centre*. C'est autour de ce point que le navire semble rouler dans ses oscillations.

Trois points doivent donc être déterminés dans la coupe verticale d'un navire : le centre de gravité *g* de la coque entière et chargée; le centre de gravité *y* de la partie immergée, ou, ce qui revient au même, du volume d'eau déplacé; enfin, le méta-centre *m*. De la position respective de ces trois points dépend la stabilité du navire.

Tant que ces trois points passent à la fois par l'axe du navire, rien ne trouble son équilibre. Si le centre de gravité de la coque est au-dessous du méta-centre, l'effort provenant de la gravité concourt, avec la poussée de l'eau sous le bateau, pour le redresser après qu'il s'est incliné; si, au contraire, ce centre de gravité est au-dessus du méta-centre, en un point *g'* par exemple, le concours de la gravité et de la poussée du liquide tendra à renverser la coque.

834. *La détermination des trois points* en question demande un calcul long et compliqué, qu'il est impossible d'indiquer ici. On peut l'étudier, notamment dans le *Traité élémentaire de la construction des bâtiments de mer*,

par *Vial-Clairbois;* nous nous contenterons de résumer quelques principes et de donner des exemples, dont on pourra conclure par analogie :

1° Le centre de gravité du navire ne doit jamais s'élever au-dessus du méta-centre; sinon, il suffira de faibles oscillations pour le renverser.

2° Plus le centre de gravité du navire sera abaissé au-dessous du méta-centre et rapproché du centre de gravité du volume d'eau déplacé par la carène, plus le navire aura de stabilité et réciproquement.

3° Pour la détermination du méta-centre, M. Vial-Clairbois pose la règle suivante : la distance du méta-centre au centre de gravité de la carène est égale aux deux tiers d'une surface dont les ordonnées (pour les mêmes abscisses que le plan de flottaison supérieur de la carène) seraient celles de ce même plan élevé à la troisième puissance, cette surface étant divisée par le déplacement (815).

4° Pour déterminer le mouvement avec lequel le navire tend à se redresser, M. Paris (*Dictionnaire de marine*, au mot Méta-Centre) indique qu'il faut multiplier la distance du méta-centre au centre de gravité du navire par le nombre de tonneaux représentant la masse totale de ce navire.

5° Selon M. Paris aussi (au mot Centre), dans un vaisseau de guerre de premier rang, armé, en ordre de marche et à voiles, le centre de gravité du navire est à 3$^{m}$,08 environ au-dessus du plan de flottaison moyenne et sur la verticale passant à 2 mètres en avant de la demi-longueur du navire. Le centre de gravité de la carène ou du volume d'eau déplacé est à 2$^{m}$,98 sous la ligne de flottaison et sur la verticale passant au milieu de ce plan.

Sur un vaisseau de troisième rang, ce centre est à $2^m,67$ sous la flottaison et à $2^m,19$ pour une frégate de deuxième rang.

### § VI. — Travail résistant des bateaux à vapeur.

Le travail résistant des navires à vapeur ou autres en marche a pour mesure, suivant la règle générale, le produit de la vitesse par la résistance totale développée. Tout revient donc à indiquer comment se mesurent ces quantités et de quelles circonstances elles dépendent.

#### 1° Vitesse ou sillage des navires.

835. *Le chemin parcouru par les bateaux à vapeur se mesure* sur les rivières, comme sur les routes, par les poteaux kilométriques établis sur la berge; mais il convient d'observer que pour suivre les détours du chenal, le bateau fait réellement plus de chemin que le parcours kilométrique ne l'indique. La vitesse est d'ailleurs peu uniforme, à égalité de puissance motrice développée, parce que le bateau ne rencontre pas toujours la même résistance.

En mer, la distance se mesure en lieues marines de 5555 mètres et plus souvent en milles marins, lesquels équivalent à 1/3 de lieue, soit 1851 mètres.

On détermine le nombre de milles parcourus par le navire à l'aide du *loch* (1), disque ou triangle de boi

(1) Il existe divers appareils perfectionnés pour évaluer le sillage d'un navire, tels que le loch sondeur du capitaine Pecoul, le vélocimètre d'Overduyn et Droiney. (Voir *Bulletin de la Société d'Encouragement* de septembre 1854, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, juillet 1854, *Civil Engineers Journal*, 1854.)

plombé qu'on laisse tomber dans l'eau où il s'arrête, pendant que le navire continue sa marche en s'éloignant de lui. La ligne ou corde qui retient ce disque est partagée en nœuds dont la distance est combinée de telle sorte qu'un nombre de nœuds débités par demi-minute correspond très-approximativement au même nombre de milles parcourus à l'heure par le navire. Ainsi, ce dernier, dans sa marche, débite au loch dix nœuds par demi-minute; sa vitesse correspondante est par heure 10 milles ou 18510 mètres.

836. Autrefois, un navire était réputé bon marcheur quand il filait 6 à 7 nœuds en mer et 11 à 12 kilomètres en rivière. Aujourd'hui, le moins que puisse donner un bâtiment taillé pour la course est 11 à 12 nœuds sur mer ou 16 à 18 kilomètres sur rivière, soit 4 à 5 mètres par seconde. On va souvent beaucoup au delà. Le *Chaptal*, corvette de Cavé; le *Napoléon*, de l'atelier impérial d'Indret; le *Fairy*, yacht anglais de Ditchborn et Penn, ont filé, dans des circonstances favorables, jusqu'à près de 14 nœuds, soit près de 26 kilom. à l'heure. Sur les rivières, on a déjà dépassé la belle vitesse de l'*Avant-Garde*, d'Arnaud, qui a fait 20 kilom. à l'heure en remonte de la Saône; le *Chamois*, de Nillus, a donné 22 kilomètres en eau morte; en Amérique, le *Rochester* et *New-World* ont atteint 26 et 28 kilomètres. On parle de vitesses de 40 kilomètres obtenues récemment, on espère 15 nœuds du Léviathan (817). Enfin, les *express* du Rhône ont fait jusqu'à 22 kilomètres en remonte d'un des plus rapides courants qui existent, et 32 kilomètres à la descente.

837. Il est probable que ces vitesses croîtront encore dans l'avenir avec le perfectionnement des navires et l'amélioration des voies. Mais on va voir que de pareilles

accélérations sont très-coûteuses, et que l'accroissement de vitesse ne s'obtient qu'en augmentant considérablement la puissance motrice. Aussi est-ce en utilisant mieux celle-ci et en étudiant, par de nouvelles recherches, la coupe des coques et l'installation des propulseurs qu'on devra chercher à accélérer maintenant la navigation. En effet, il existe des bateaux d'égales dimensions qui donnent les mêmes résultats avec des puissances motrices qui varient du simple au double; preuve qu'il ne suffit pas d'employer de fortes machines, mais qu'il faut aussi demander la vitesse à la bonne forme de la coque.

Ajoutons enfin que l'accélération de vitesse exige beaucoup plus de solidité dans la coque, même sur les rivières, pour supporter les machines et ne pas éprouver de vibrations.

838. La marche d'un navire ne dépend pas seulement de la force motrice employée à vaincre sa résistance directe au mouvement. Il faut encore que ce navire possède les diverses *qualités nautiques* qui lui permettent de supporter le contre-coup des flots et d'évoluer sans perdre de temps. Ainsi, nous connaissons des bateaux qui, filant en droite ligne dans un courant tranquille, atteignaient une très-belle vitesse; mais obéissant mal à l'action du gouvernail et manœuvrant avec peine, par suite de divers vices de construction, ils perdaient beaucoup de temps à la moindre évolution. Leurs vices ayant été corrigés sans aucune modification dans la section résistante ni dans le moteur, leur parcours a été considérablement accéléré. Il leur arrivait ce qui aurait lieu pour une locomotive qui court bien une fois qu'elle est lancée, mais qui se met péniblement en route, et dont l'arrêt, non moins difficile, force à s'y prendre longtemps d'avance.

Ce qui importe dans la marche d'un navire comme dans celle d'un train, c'est la *marche moyenne*, c'est le temps du parcours entre deux points donnés, y compris les temps d'arrêt.

2° Résistance des navires à la marche.

839. La résistance du navire peut être étudiée dans deux circonstances : 1° dans le remorquage ; 2° dans la marche libre. Le remorquage n'est qu'un cas particulier dont il sera parlé plus tard. Dans la règle ordinaire, un navire à vapeur marche librement sous l'action de son propulseur. Quelle est alors sa résistance au mouvement?

La loi de cette résistance a déjà été développée aux nos 36 et suivants. En effet, un navire n'est autre chose qu'un solide mobile dans un milieu qui peut être lui-même en mouvement ou en repos ; et comme ce solide, au lieu d'être un prisme parallélipipède, est effilé en façon de coin, de manière à fendre avec moins d'efforts le milieu où il se meut, tout revient à donner au coefficient K des formules du n° 47 une valeur convenable, laquelle peut varier depuis 0,035 jusqu'à 0,60, ainsi qu'il sera dit ci-après.

Les navires à vapeur ont principalement quatre sortes de résistances à vaincre, savoir :

L'eau traversée,

L'air ou le vent,

Les vagues,

Les courants.

Entrons, sur chacune de ces résistances, dans quelques développements complémentaires de ce qui a été dit au chapitre 1er, section 1, § 4 du premier volume.

**840.** L'***eau traversée*** est la principale source de résistance au mouvement du navire. On a vu au n° 41 qu'elle est gravement influencée par diverses circonstances, mais qu'à circonstances égales, elle croît comme le carré de la vitesse, et par conséquent soit un bateau à vapeur qui marche à raison de 15 kilomètres à l'heure, avec une force motrice de 30 chevaux, ce n'est pas au double, mais à $30 \times 30 = 900$ chevaux qu'il faudrait élever sa puissance motrice.

Tel est, en effet, le principe qui a été vérifié pour la marche des bateaux à petite vitesse. Mais est-il vrai aussi aux grandes vitesses? C'est une très-grave question sur laquelle, pour notre part, nous n'oserons exposer que les raisons de douter. Il est certain que l'augmentation de vitesse ne suit que de loin l'augmentation de puissance motrice, surtout sur les rivières étroites et peu profondes. Mais un premier fait constant aussi, c'est que l'accroissement de puissance n'a pas jusqu'ici été aussi fort que l'indiquait la loi de la proportionnalité de la résistance à la racine carrée de la vitesse. En effet, les anciens bâtiments, filant 12 kilomètres à l'heure, avaient 8 à 10 chevaux de force par mètre de section immergée. La vitesse de 18 à 20 kilomètres qu'on leur donne aujourd'hui aurait dû nécessiter un travail moteur de 82 à 110 chevaux par mètre de surface d'immersion. Or cette puissance motrice n'est que de 62 chevaux dans l'*Avant-Garde* de la Saône et 72 dans le *Parisien* du Rhône. Pour une vitesse supérieure, à la vérité dans de meilleures circonstances, le *Rochester* a 56 chevaux et le *Chamois* 31 chevaux.

**841.** Ainsi donc, en fait, la résistance des bateaux croîtrait moins vite que le carré de la vitesse. Ce principe a

été posé déjà, en Angleterre par Graham (1), Russel, Rennie, Houston, et en France par le général Morin. Ces expérimentateurs ont trouvé que pour les bateaux-postes des canaux, la résistance, d'abord sensiblement proportionnelle au carré de vitesse, diminuait ensuite vers celle de 8 mètres par seconde, alors que la coque semblait s'élever au-dessus des remous et tourbillons qu'elle avait elle-même produits : de là résultait une diminution de tirant d'eau.

Cette dernière conclusion n'a pas paru justifiée à tous les ingénieurs.

A l'appui de sa théorie du soulèvement du bateau en marche au-dessus de la masse liquide, M. Macneil, assisté de plusieurs ingénieurs, obtint les résultats suivants, résumé d'un grand nombre d'expériences faites en grand sur le *Paddington-Canal* en 1833 :

| NUMÉROS DES RÉSULTATS. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vitesse par seconde, en mètres. . | m. 4,34 | 2,73 | 4,70 | 4,81 | 4,94 |
| Soulèvement du bateau, en mètres. | 0 | 0,025 | 0,077 | 0,077 | 0,70 |
| Charge du bateau, en kilogramm. . | kil. 4742 | 4742 | 2920 | 4742 | 836 |

**842.** Le soin avec lequel se sont faites ces expériences et le nom de l'auteur ne permettent pas de douter de la sincérité de ces expériences, et cependant le soulèvement n'a été constaté jusqu'ici que par lui ; il a été nul dans les

(1) Mémoire de Graham, Rennie et Houston en 1833 et discussion à la *Société des ingénieurs civils* de Londres.

expériences en petit que M. Galy-Cazalat a opérées en 1836 dans la galerie nationale des sciences pratiques à Londres.

Quoiqu'elles n'aient eu lieu que sur une très-petite échelle, c'est-à-dire avec un petit bateau sur un canal long de 23 mètres et large de 1m,30; elles offrent cependant un grand intérêt, parce qu'elles font à chaque partie de la coque sa part de résistance avec une précision qu'on n'eût pas pu obtenir en grand, à cause des nombreuses circonstances en concours (3).

*Tableau résumé des résultats obtenus par M. Galy-Cazalat en* 1836.

| NUMÉROS DES RÉSULTATS. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vitesse par seconde, en mètres. . . . . . . . | m. 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| Résistance directe antérieure, en kilog., par mètre carre de section. | k. 13,460 | 54,426 | 122,412 | 216,733 | 338,195 | 488,382 | 660,612 | 869,756 |
| Résistance directe postérieure ou réduction de pression, en kilog., par mètre carré. . . . | k. 2,389 | 9,412 | 20,776 | 36,626 | 56,671 | 75,934 | 94,369 | 120,534 |
| Frottement latéral par mètre carré, évalué en kilog. . . . . . . . . | k. 0,050 | 0,218 | 0,439 | 0,731 | 1,073 | 1,365 | 1,853 | 2,146 |

Nous remarquerons seulement en ce moment :

1° Que les résistances de toutes sortes ont considérablement augmenté avec la vitesse. Mais on remarquera que celle-ci n'a pas dépassé 4 mètres, et par conséquent nous sommes au-dessous de la vitesse à laquelle se produiraient sensiblement, d'après MM. Macneil et Morin, les diminutions relatives de résistance.

2° On voit que la résistance latérale, bien loin d'être négligeable, est cependant considérablement moindre que la résistance antérieure.

843. Les expériences en grand du colonel Baufoy (1) ont donné à leur tour le résultat suivant :

| | kil. |
|---|---|
| A 1 mille de vitesse à l'heure la résistance par mètre carré à été | 0.068 |
| A 2 milles *id.* | 0.228 |
| A 3 milles *id.* | 0.462 |
| A 4 milles *id.* | 0.742 |
| A 5 milles *id.* | 1.022 |
| A 6 milles *id.* | 1.495 |
| A 7 milles *id.* | 1.950 |
| A 8 milles *id.* | 2.437 |
| A 13 milles *id.* | 5.849 |

Même aux faibles vitesses, nous voyons que la résistance n'augmente pas dans un rapport tout à fait aussi élevé que le carré. De 2 à 7 milles à l'heure (de $1^m,02$ à $3^m,60$ par seconde), la résistance n'a crû que dans le rapport de la puissance 1,82.

Ce même rapport ne croît plus que comme la puissance 1,73, à partir de 8 milles jusqu'à 13 milles à l'heure (soit $4^m,10$ à $6^m,65$ par seconde).

L'opinion commune des ingénieurs est donc que la résistance n'est proportionnelle au carré de la vitesse (pour compter en nombre rond) que jusqu'à celle de 7 à 8 mètres par seconde, et qu'au delà, la résistance augmente dans un rapport moindre.

844. Voilà le fait. Mais l'explication est assez difficile si on n'admet pas le soulèvement de la coque avec M. Macneil. Nous appellerons l'attention sur un résultat remarquable qui a pu frapper tout observateur. C'est que plus un bateau va vite, plus s'ébranlent au loin derrière lui

(1) Voyez *Traité de l'hélice*, par John Bourne, traduit en français par le capitaine Paris, tome I, page 42.

ces remous et tourbillons qui accompagnent toujours le passage d'un bateau à vapeur, et au milieu desquels il navigue quand sa marche est lente. Or qui pourrait mettre en doute la résistance que produisent à la marche ces flots en mouvement pressant contre la coque par leur poids et leur vitesse propre? Et n'est-il pas naturel de regarder comme une diminution de frottement l'absence de ces remous dont les coques se délivrent, en partie du moins, quand elles vont assez vite pour les dépasser? En effet, la masse liquide est douée d'une inertie qui ne lui permet de s'ébranler au passage d'un bateau à vapeur qu'après un certain temps, qui a pu permettre au bateau de filer avant d'être gêné dans sa marche par cet ébranlement du flot.

On constate encore assez généralement que les bateaux rapides produisent moins d'ébranlement dans la masse liquide, et surtout moins de gonflement antérieur que d'autres, de formes à peu près semblables, moins accélérés, même plus petits. Ce serait un phénomène analogue à celui du projectile à grande vitesse qui traverse une vitre en n'y laissant qu'un simple trou; le bateau rapide ne laisserait de même, pour ainsi dire, qu'une simple trouée dans la masse liquide qu'il traverse sans dépenser sa force vive à l'ébranler.

Enfin, plus est rapide la vitesse d'un bateau, plus grande est la quantité de travail moteur accumulé en lui par l'inertie, et plus il a de puissance pour ouvrir devant lui la masse liquide et surmonter les résistances accidentelles des flots, des sinuosités du chenal et autres.

Déjà, à propos du frottement et de la traction sur les chemins de fer, on a vu qu'aux grandes vitesses, le tra-

vail consommé par le frottement n'augmentait pas en réalité suivant le rapport du carré de la vitesse (voyez n° 12). Ce serait en vertu de la même loi, peut-être, que le bateau rapide demanderait moins de puissance proportionnelle que le bateau à marche moins accélérée.

845. Toutes ces hypothèses, basées sur des phénomènes très-difficiles à observer, ne peuvent qu'être timidement laissées à l'appréciation du lecteur, en appelant ses propres recherches sur l'une des plus graves et des plus obscures questions de la navigation.

Concluons sur ce point que, jusqu'à 7 mètres de vitesse environ, la résistance des navires dans l'eau peut être considérée comme sensiblement proportionnelle au carré de sa vitesse. Mais qu'au delà de 7 mètres, la résistance croît, sinon certainement, du moins probablement, dans un rapport un peu moindre, lequel n'est pas encore déterminé par un assez grand nombre d'expériences.

846. *Diverses circonstances modifiant* très-sensiblement la résistance des corps en mouvement dans les liquides, ont été exposées à l'article du frottement : quelle est leur influence dans le cas spécial des bâtiments à vapeur?

1° *La longueur de la coque*, sans avoir assurément sur la résistance l'influence de la section immergée du maître-couple, n'est cependant pas indigne d'être prise en considération par les constructeurs. On a vu qu'en principe général la longueur des solides, tant qu'elle n'excédait pas 5 à 6 fois le côté de leur section, n'exerçait pas d'influence ; mais que la résistance augmentait au delà de ce rapport. Cette question a été traitée dans le mémoire déjà cité au n° 809.

On voit dans les expériences de M. Galy-Cazalat, relatées au n° 843, que le frottement latéral, à la vitesse de 4 mètres par seconde, est déjà 2k,146 par mètre carré, soit en tout pour un bateau de 100 mètres de long sur 1 mètre de tirant d'eau, un frottement total de 430 kilog. pour les côtés seulement. C'est beaucoup moins que la résistance sur la section antérieure du navire, mais c'est un effort à vaincre dont on ne se préoccupe pas toujours assez.

2° *L'uni des surfaces* de la coque n'est pas non plus sans importance, et la précaution que la nature a prise de huiler le corps des poissons et glacer le plumage des oiseaux, en est la preuve. Selon M. Ewbach on accélérerait probablement la marche des bâtiments, s'il était possible de lubrifier leur carène, en quelque sorte, pour faciliter son frottement dans la masse liquide.

3° *Le rapprochement des rives* et le *peu de profondeur* du chenal augmentent considérablement la résistance (45). Il est d'expérience pour tous les pilotes que de même qu'on est mieux porté quand on nage dans les eaux profondes, de même aussi les bateaux courent aisément dans les lits profonds, et ils ralentissent très-sensiblement leur marche dans les bas-fonds. Il suit de là que, toutes choses égales d'ailleurs, les bateaux des rivières et canaux, etc., offrent à la marche beaucoup plus de résistance que dans les lacs ou grands fleuves profonds et à rives éloignées. C'est ce que confirme en effet l'expérience. (Voyez à la section ci-après ce qui est dit des bateaux de rivière.)

**4° De toutes les circonstances, celle qui influe le plus sur la résistance des bateaux, est *la coupe et la construction de la coque*, ainsi que le rapport de ses di-**

mensions respectives. C'est ce qui a été établi aux nos 807 et suivants.

847. On tient compte de ces diverses circonstances dans l'évaluation du coefficient correctif de la formule générale. Pour fixer cette valeur il suffit de se rappeler trois principes :

1° Le coefficient sera d'autant plus faible que les circonstances se réuniront pour diminuer la résistance.

2° Non-seulement la coupe, les proportions, la finesse de la coque et l'étendue du milieu liquide seront prises en considération, mais on tiendra compte de la vitesse, et on admettra comme *probable* que la résistance croît moins vite que le carré de la vitesse (846).

3° Il paraît résulter aussi de l'expérience que les grands bâtiments et les grandes machines rendent plus d'effet utile que les petits navires et les faibles appareils moteurs; d'où il suit que le coefficient pourra être d'autant plus faible que le navire aura plus de puissance. D'après Campaignac, on a trouvé pour coefficient du bateau de 50 chevaux l'*Estafette*, construit par Fawcett, $k = 0{,}092$, et pour le bateau de 220 le *Véloce*, du même constructeur, $k = 0{,}065$.

848. *La résistance de l'air et du vent* est évidemment très-considérable sur un bateau à vapeur. On voit au n° 59 qu'elle peut engendrer des pressions de 0,12 à 230 kilogrammes par mètre carré de surface.

En mer, on parvient presque toujours à tirer parti du vent pour la marche du navire; mais en rivière, où la route est tracée par le *chenal*, il faut souvent le recevoir *debout*.

Il suit de là qu'en mer on pourra négliger cette résistance de l'air et du vent dans la plupart des cas. Mais

qu'en rivière, il importe de lui faire sa part dans la somme des résistances à la marche, en supposant toujours un vent moyen. On a vu, d'ailleurs, au n° 50, comment on calcule sa résistance. Il ne reste plus qu'à en offrir ci-après l'exemple (855). Mais quelle valeur assignera-t-on au coefficient de la formule? Les formes pleines de la partie émergée de la coque, les sabords et la multitude des parties saillantes qui abondent sur les côtés et sur le pont ne permettent pas de supposer que l'on puisse appliquer ici le coefficient, à l'aide duquel on tenait compte de l'effilement des façons pour la résistance dans l'eau de la carène.

Nous croyons être plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité en doublant le coefficient de la résistance dans l'eau pour l'appliquer au cas de la résistance de l'air et du vent. Cette valeur dépendra d'ailleurs de la forme du bateau, et l'on ne saurait trop recommander de façonner et proportionner les tambours des roues, les capots, les cabines, la forme de la coque, etc., de manière à diminuer, autant que possible, leur résistance à l'air.

849. *La résistance des vagues* en mer, sur les lacs ou grands fleuves est énorme; mais on conçoit qu'elle est encore plus que le vent très-variable. Thomas Stevenson (*Annales des ponts et chaussées*, 1847, p. 305, et *Civil Engineers Journal*, 1847), à l'aide d'un ingénieux dynamomètre de son invention, a trouvé aux vagues de la côte d'Écosse des efforts qui ont varié de 3050 kilogrammes à 30415 kilogrammes par mètre carré. Le docteur Scoresby, se livrant à des recherches semblables sur les vagues de l'Atlantique, a trouvé les moyennes suivantes : hauteur, 10 à 12 mètres; distance entre chaque lame, 185 mètres; intervalle de temps entre l'irruption de deux

vagues consécutives, 16 secondes; vitesse du flot environ 60 kilomètres à l'heure. (Voyez, sur le mouvement des vagues, le mémoire de M. Curtis, à la Société des ingénieurs civils de Londres, 1847.)

Suivant les auteurs du *Dictionnaire de marine*, au mot Lame, les vagues peuvent avoir jusqu'à 15 mètres de haut et 200 mètres de long. Par un vent donnant un sillage de 10 à 12 nœuds (885), il se forme des lames dont la vitesse égale environ les deux tiers de cette vitesse du bâtiment.

Dans un voyage de la corvette *Chaptal*, une lame enleva une planche retenue par trois clous ayant 40 millimètres carrés de section, qui furent arrachés. Or, d'après le général Morin, leur résistance à la rupture par traction est 40 kilogrammes par millimètre carré. L'effort capable d'arracher les trois clous égale donc 4800 kilog. La planche enlevée avait 35 décimètres carrés de surface; d'où il suit que l'effort total exercé par la lame sur un mètre carré eût été $\frac{4800 \times 100}{35} = 13712$ kilogrammes.

850. Dans les circonstances ordinaires, les vagues sont loin d'avoir cette puissance. On estime que les vagues moyennes de l'Atlantique ont 6 mètres de haut, 48 mètres de long et une vitesse de 50 kilomètres à l'heure. Il est inutile de montrer combien un navire doit souffrir et tendre à se déformer quand ses deux extrémités supportent ensemble le contre-coup de deux vagues, et quelle résistance à la marche occasionnent de pareils efforts. C'est ce qui explique pourquoi les constructeurs adoptent souvent un coefficient élevé dans leurs calculs sur le travail résistant des navires de mer, bien qu'ils soient, en temps calme, dans les meilleures conditions.

Dans la pratique, on peut supposer la résistance des vagues comme nulle en rivière et sur les canaux. Quant à la navigation sur les grands lacs et en mer, les valeurs que les divers traités sur les bâtiments à vapeur donnent au coefficient de la formule des n°ˢ 38 et 47 (voyez n° 584) nous paraissent tenir compte, non pas sans doute de cette agitation violente des flots qui peut aller jusqu'à suspendre la marche des bâtiments, mais de cette agitation moyenne de la masse liquide qu'on peut considérer comme l'état normal de la mer.

851. *Le courant* offre à la remonte une résistance, et à la descente une accélération de vitesse tellement importante que lorsque ce courant est trop impétueux, la navigation n'est presque pas possible, si ce n'est en se halant à l'aide de chevaux ou de moteurs mécaniques offrant sur la terre un point d'appui fixe.

Toutes les rivières ont leur courant (voyez n° 49) ; les lacs et la mer en ont aussi, outre celui qui résulte du flux et du reflux ; mais, en général, ils sont accidentels, et les constructeurs ne s'en occupent que dans des cas spéciaux. Pour la navigation fluviale, c'est au contraire en vue de la remonte du courant qu'on façonne la coque et qu'on proportionne sa puissance motrice.

#### 3° Calcul et exemple du travail résistant des bâtiments à vapeur.

852. Des quatre résistances qui viennent d'être énumérées, nous en considérons pour la pratique seulement trois, savoir :

1° La résistance de l'eau dans tous les cas ;

2° La résistance moyenne de l'air et du vent dans le cas seulement des bateaux qui suivent, en rivières ou ca-

naux, la direction forcée d'un chenal sans pouvoir utiliser régulièrement l'action du vent;

3° Le courant dans le même cas des bateaux qui suivent forcément une route étroitement tracée.

Le travail résistant qui va être évalué correspondra donc aux conditions moyennes et normales. Quand ces conditions se réuniront toutes dans un ensemble favorable à la diminution de résistance, il en résultera un accroissement de vitesse accidentelle, sur lequel on ne doit pas compter dans le régime habituel. Si, au contraire, cet ensemble de conditions concourt à gêner la marche du bâtiment, c'est un cas de force majeure et un état exceptionnel dont un constructeur n'a à tenir compte que si son marché l'y contraint.

833. Pour calculer le travail résistant du navire, on pourrait faire usage des formules du n° 47. Mais puisqu'elles ont déjà fourni une résistance de 50 à 60 kilog. par mètre carré de surface à la vitesse de 1 mètre, et que cette résistance croît proportionnellement à la section et à la vitesse du mobile, on peut à ces formules du n° 47 substituer celles qui suivent et sont plus simples. Nous adopterons le nombre 60, qui est peut-être un peu forcé, surtout en eau douce; mais il n'y a aucun inconvénient à dépasser les limites rigoureuses quand il s'agit de déterminer la force motrice d'un bateau. Voici donc les formules pratiques :

1° En eau morte. . . . . . . $T = K\,60\,S\,V^3$

2° En descendant le courant. $T = K\,60\,S\,(V - v)^2 \times V$

3° En remonte. . . . . . . . $T = K\,60\,S\,(V + v)^2 \times V$

Dans ces formules, on désigne par

V le travail résistant du navire en kilogrammètres par seconde;
S la section immergée du maître couple (827) en mètres carrés;
V la vitesse du navire évaluée en mètres par seconde;
v la vitesse du courant évaluée de même;
K un coefficient dont la valeur est donnée ci-après.

*La valeur de ce coefficient* K est très-variable et très-incertaine, puisque (847) elle dépend d'une multitude de causes qu'on ne saurait apprécier exactement. On a vu aux n$^{os}$ 50 et 51 qu'elle peut atteindre au delà de 1,10, et descendre au-dessous de 0,05.

Les divers auteurs ont indiqué les nombres suivants correspondants aux conditions moyennes.

| | | |
|---|---|---|
| Pour les bateaux prismatiques. . . . . . . . . . . . . . . | K = | 1.10 |
| Pour les bateaux grossiers à proue et poupe angulaire, suivant l'angle.. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | K = | de 0.94 à 0.33 |
| Avec proue et poupe cylindrique.. . . . . . . . . . . . | K = | 0.46 |
| Pour les gros bateaux de rivière à proue angulaire relevée, M. Poncelet a trouvé. . . . . . . . . . . . . . . . | K = | 0.33 |
| Pour les anciens vaisseaux de guerre à formes pleines on prenait, d'après Dubuat. . . . . . . . . . . . . . . . | K = | de 0.24 à 0.22 |
| Pour les bateaux rapides sur canaux étroits, le général Morin a trouvé. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | K = | de 0.27 à 0.20 |
| Pour les bateaux à vapeur bien taillés pour la course en mer, lacs ou larges et profonds fleuves, on a. . . . . . | K = | de 0.16 à 0.10 |
| On serait même parvenu en Amérique, suivant M. Claudel, à abaisser dans d'excellentes conditions le coefficient jusqu'à. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | K = | 0.05 |
| M. Campaignac a trouvé pour moyenne de 12 bateaux à vapeur en mer, de 12 à 220 chevaux, construits par Bury, Fawcett et Mandslay. . . . . . . . . . . . . . | K = | de 0.092 à 0.063 |
| Pour les bateaux de rivières, très-allongés, j'ai trouvé (voyez mémoire cité au n° 809) que le coefficient croissait avec la vitesse, suivant une valeur de. . . . . . | K = | de 0.19 à 0.48 |

En résumé, pour les bateaux à vapeur bien taillés, la

prudence peut permettre d'admettre les valeurs suivantes :

| | |
|---|---|
| En mer, pour navires à formes pleines. . . . . . . . . | K = de 0.15 à 0.20 |
| *Id.* pour bâtiments élancés. . . . . . . . . . . . . . . . | K = 0.10 |
| En rivières larges, pour bateaux élancés et de médiocres dimensions. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | K = de 0.15 à 0.25 |
| En rivières étroites et pour bateaux rapides très-allongés. | K = de 0.20 à 0.50 |

854. Il reste à donner quelques exemples du calcul du travail résistant des bateaux à vapeur :

1° Soit une frégate à vapeur en mer telle que l'*Encounter* (voir tableau R du chap. V), dont la section immergée est $S = 34^{mq}$, et la vitesse $V = 10$ nœuds ou 5 mètres en nombre rond. Ce navire ayant des formes relativement assez pleines, faisons le coefficient $k = 0,12$.

La première formule ci-dessus donnera :

$$T = 0,12 \times 60 \times 34 \times 5^3 = 30600 \text{ k}^m \text{ ou } 408 \text{ chevaux.}$$

On verra ci-après que le propulseur absorbant de 0,60 à 0,65 de la force de la machine, celle-ci devrait, dans notre exemple, avoir de 627 à 680 chevaux. Or la puissance réelle de la machine a été trouvée égale à 643 chevaux. Ces nombres sont assez voisins pour prouver, tout considéré, que nos hypothèses sont conformes à la réalité.

2° Soit un bateau à vapeur tel que l'*Avant-Garde n° 6* (voir tableau S du chapitre V), naviguant sur une rivière étroite et peu profonde, telle que la Saône. Soit sa surface résistante $S = 3^{mq},20$ et sa vitesse en remonte $V = 5^m,50$. Le courant du fleuve peut être évalué à $V = 0^m,5$. Quant au coefficient, en raison de la longueur

du bateau et de la finesse des formes, on peut l'estimer à la valeur $k = 0,30$. La troisième formule du n° 854 donnera en kilogrammètres par seconde :

$$T = 0,30 \times 60 \times 3,20 \times (5,5 + 0,5)^2 \times 5,5 = 11407^{km}.$$

Voilà pour la résistance de l'eau. Quant à celle de l'air et du vent, nous avons dit qu'elle est très-variable. Quand ce vent est debout et par conséquent contraire à la marche, ce qui est fréquent sur les rivières, ce n'est pas exagérer que d'estimer la pression à 5 kilog. par mètre carré (voyez n° 37), à cause des vitesses opposées du navire et du vent.

Dans le bateau pris pour exemple, la section résistante *effective* peut être évaluée pour la partie émergée de la coque (808), les tambours des roues, cabines, etc., à $15^{mq}$, dont on peut ne prendre que les 0,6 pour tenir compte des effilements de la coque et des cabines angulaires qui précèdent les roues (849). La résistance totale du vent est alors $R = 0,6 \times 15 \times 5 = 45$ kilog., qui, multipliée par la vitesse du navire, donne pour expression du travail résistant sous l'action du vent :

$$T = 45 \times 5,5 = 248 \text{ kilogrammètres.}$$

Cette quantité de travail, ajoutée à celle qui précède, donne en chevaux :

$$T = \frac{11404 + 248}{75} = 156 \text{ chevaux.}$$

S'il est vrai, comme on l'a dit, que, par la bonne disposition des roues la puissance motrice de la machine

soit utilisée dans le rapport des 0,65 aux 0,70, on trouvera pour travail moteur total développé par ladite machine de 238 à 215 chevaux. Or, on l'estime parmi les riverains entre 200 et 220 chevaux. Nous pouvons donc encore ici considérer nos hypothèses comme voisines de la réalité.

Nous disons voisines, car, nous le répétons, tout n'est ici qu'approximatif entre des limites assez vastes. La valeur exacte du coefficient $k$, la résistance réelle de l'eau et du vent peuvent être influencées par une multitude de circonstances qui défient l'analyse. A moins d'entreprendre des expériences très-compliquées, le constructeur ne peut travailler que sur des *à peu près*, et les deux exemples ci-dessus ont eu pour but de prouver que les coefficients et formules qui précèdent donnaient ces valeurs approximatives cherchées.

## SECTION TROISIÈME.

### PROPULSION DES NAVIRES A VAPEUR.

855. Il existe dans la navigation trois systèmes de propulsion :

Les voiles utilisant la pression du vent (50) ;

Les propulseurs mécaniques mus par la vapeur ou autre agent de force motrice analogue ;

Les voiles et les propulseurs mécaniques combinés ensemble.

Nous nous bornerons à dire des voiles :

1° Qu'elles sont difficilement susceptibles d'emploi régulier sur les navires forcés de suivre une direction rigoureusement tracée par un chenal étroit, plus ou moins sinueux, tel que celui des rivières et canaux.

2° Elles sont inapplicables au cas des bateaux de rivière à très-faible tirant d'eau, dont le centre de gravité est très-élevé, et qui par conséquent peuvent facilement chavirer.

3° Elles sont inapplicables encore au cas des bateaux de rivière où les ponts sont multipliés. Les mâts pussent-ils se renverser, ce serait l'objet de manœuvres nombreuses, fatiguant l'équipage sans utilité réelle. Les moteurs mécaniques sont alors seuls employés.

4° Les voiles exigent que le navire ait des formes plus pleines, qu'il ait plus de stabilité que dans le cas des moteurs mécaniques employés seuls; car l'action des voiles tend à incliner le navire et à lui imprimer une direction oblique. Les moteurs mécaniques poussent, au contraire, le navire droit devant eux, et tout doit alors tendre à la diminution de leur section résistante.

856. On voit, d'après cela, ce qui distingue les navires en raison de leur propulseur.

Le navire à voiles est court, large, à formes pleines, très-immergé et pourvu de mâture et de voiles, possédant la plus grande surface et puissance de propulsion possibles.

Les navires à propulseurs mécaniques sont plus étroits, plus fins, plus longs, moins immergés. Une mâture offrant au vent contraire une surface résistante notable, une voilure trop puissante, capable d'incliner le navire au delà de limites très-bornées, lui sont éminemment nuisibles; aussi cette mâture et cette voilure sont-elles réduites sur les bâtiments à vapeur proprement dits, à une exiguïté et à des formes grêles qui choquent la vue.

*Les navires mixtes* à voiles et à propulseurs mécaniques sont intermédiaires, par leurs formes, entre les deux

systèmes précédents : ils sont plus allongés, mais plus larges, plus pleins de l'avant et plus immergés que les bâtiments à vapeur proprement dits. Leur mâture est étudiée de manière à offrir au vent contraire la moindre résistance possible quand on marche à la vapeur contre le vent; mais leur voilure est largement proportionnée, afin de bien utiliser la puissance motrice de cette force naturelle.

Hors les cas qui viennent d'être indiqués, on combine aujourd'hui partout l'action du vent sur les voiles avec les propulseurs mécaniques, et la tendance générale se porte de plus en plus vers ce système mixte qui ménage la vapeur et la dépense que sa création demande, pour utiliser l'agent de force motrice que la nature offre sans frais dans la pression du vent.

On a vu au n° 50 que le vent peut atteindre dans les circonstances ordinaires jurqu'à 15 mètres de vitesse par seconde, en imprimant sur les voiles une pression de 30 kilog. par mètre carré.

Cet effort viendra puissamment en aide à l'action du propulseur mécanique, lequel n'aura plus à agir seul que lorsque le *vent debout* ou le *calme plat* ne pourront en rien contribuer à la marche du navire.

857. *Les propulseurs mécaniques* peuvent être divisés en deux classes : les uns donnent au navire un point d'appui plus ou moins résistant dans la masse liquide ; celle-ci, par la mobilité dont se composent ses molécules, cède à la pression du propulseur, et le point d'appui qu'elle offre est par là même incomplet; il s'en faut de beaucoup que le bateau prenne toute la vitesse du propulseur, comme une locomotive de chemin de fer ou un véhicule quelconque sur terre, qui développe un chemin égal à

celui qui se décrit à la circonférence des roues. Le propulseur d'un navire subit une sorte de patinage (754) qu'on nomme *recul*. Ainsi soit 5 mètres par seconde la vitesse du propulseur, et 3 mètres par seconde la vitesse du navire, le recul aura pour mesure la différence de ces deux vitesses, soit $5-3=2$ mètres.

Dans l'autre système de propulsion, le point d'appui se prend sur un sol complétement résistant au fond de l'eau ou sur la rive ; c'est alors une sorte de halage analogue à celui des chevaux qui tirent les chalands en rivière au moyen d'un câble. Ici il n'y a plus de recul, toute la vitesse du propulseur est employée ; mais il peut se faire qu'on dépense en frottement et en appareils de halage tout ce qui se dépense en recul dans le précédent système. Ce moyen n'est d'ailleurs praticable que dans des circonstances particulières.

Les deux systèmes de propulsion qui viennent d'être énoncés ont été employés sous des formes diverses et très-nombreuses. Nous en étudierons seulement quatre, qui ont reçu dans la marine à vapeur une application générale, savoir : le touage, les grappins, les roues à aubes et les hélices.

Peut-être la navigation est-elle à la veille de posséder un cinquième propulseur, dont M. Hervier poursuit les essais sur la Seine avec tout le succès qu'on peut attendre de premières expériences. Il consiste en une turbine hydraulique mue à peu près verticalement par une machine à vapeur ; elle prend l'eau à son centre et la chasse par ses aubes en un jet, qui prend son point d'appui sur l'eau, hors du navire, et le fait avancer en sens contraire.

Ce système en est encore aux essais ; nous n'avons

donc à nous occuper que des quatre propulseurs ci-dessus désignés.

858. Le *touage* est un système dans lequel le bateau se hale le long d'un câble qui repose au fond du fleuve ou canal. Ce câble porte dans la marine le nom de *touée*, d'où viennent *touage* et *toueur*. Tout navire peut aller à la touée quand il se hale pour arriver à quai ou sortir d'un port ; mais le touage sur un grand parcours est tout un système particulier de propulsion.

Il existe dans la traversée de Paris sur la Seine deux bateaux toueurs installés depuis 1842 par M. Delagneau. Ils ont fait un service très-actif, et ce système commence à se répandre. Dans les bateaux Delagneau et les quatre nouveaux toueurs que M. Cail achève, le câble est élevé sur le pont et s'enroule autour de deux tambours que fait tourner une machine à vapeur installée dans la coque. Le bateau n'a jamais besoin de *virer*, il marche également en arrière et en avant, on maintient sa marche à l'aide d'un gouvernail à chaque bout.

Le mécanisme pourrait aussi consister en deux manettes ou en deux rouleaux, pressant entre eux le câble ; celui-ci pourrait éviter de passer sur le pont, par exemple, dans un conduit intérieur installé près du fond du navire. Un de ses principaux inconvénients est le ferraillement qui se produit ; on peut, en outre, craindre que le câble ne se brise et n'arrête la navigation pour longtemps (1) ; son remplacement est coûteux. Ce système n'est pas praticable partout ; développé sur un long par-

(1) Les toueurs de Paris ont rarement interrompu leur service pour cette cause ; en général les ruptures de câble ont lieu entre les tambours, il est alors facile de remplacer le chaînon brisé par un autre qui

cours, il serait très-dispendieux ; dans les eaux profondes, son poids sur le bateau serait très-considérable.

Mais dans les rivières et sur les canaux peu profonds, pour des services de vapeurs-omnibus, dans la traversée ou le voisinage des villes, le touage a rendu et rendra de très-grands services, qui le recommandent à toute l'attention des ingénieurs.

La touée repose librement au fond du chenal ; ses deux extrémités sont attachées à la berge, à une *ancre* ou à une *bouée;* mais il importe qu'elle ne soit pas tendue et qu'elle ait, au contraire, une assez grande longueur libre pour que le bateau ait à l'élever sur son moindre développement et qu'il puisse manœuvrer à volonté sous l'action de son gouvernail.

859. Les *bateaux à grappins* s'emploient depuis plusieurs années sur le Rhône pour remorquer les bateaux dans *des rapides* qu'on pouvait à peine franchir avant eux. Avec leur secours il n'est presque plus de lignes fluviales, si rapides que soient certaines passes, où la navigation ne puisse être établie régulièrement.

Un pareil système n'est toutefois applicable que pour des cas exceptionnels, et l'on concevrait difficilement qu'il fût admis sur tout le parcours de la ligne naviguée. Cinq conditions doivent présider à son installation.

1° Le lit des fleuves et rivières étant généralement très-variable en profondeur, il faut que le grappin soit libre de monter et descendre dans son plan vertical pour se prêter aux inflexions et relèvements du sol.

---

s'attache à goupille et qu'on nomme *nadot.* Quand le câble se casse dans l'eau, il faut au contraire le repêcher péniblement à la gaffe ( perche à crochet) pour le réparer.

2° Ces mêmes inégalités du fond ne permettent l'emploi que d'un seul grappin, dont la place naturelle est au milieu, soit entre deux *bateaux jumeaux* du genre de ceux qui abondent en Amérique et qu'on voit à Rouen sur la Seine, soit dans une fosse ménagée au centre d'une coque ordinaire, ainsi que l'a préférée sur le Rhône, l'auteur M. Verpilleux.

3° Les crocs et les coups de grappins doivent être à la fois assez écartés pour que chacun exerce pleinement son action, et assez rapprochés cependant pour que, entre deux coups consécutifs, les bateaux ne reculent pas et n'aillent pas en dérive.

4° Une faible vitesse suffit essentiellement aux bateaux à grappins, autrement on serait conduit à développer d'énormes efforts, et les avaries ne pourraient être évitées qu'en donnant à toutes les parties de l'appareil, pour résister aux chocs, des dimensions monstrueuses.

5° L'effet du grappin doit être certain, car s'il venait à manquer quand il remorque dans les passes rapides, le bateau qui le porte, comme les bateaux remorqués, seraient fatalement entraînés par les courants au risque de se perdre.

**860. On peut concevoir deux sortes de grappins : les roues armées de crocs, qui existent dans le système Verpilleux, et les crocs alternatifs, sorte d'ancre ou de bras qui viennent se fixer à 2 ou 3 mètres en avant pour haler de là le navire. Ce dernier mode serait peut-être plus simple, mais les roues sont encore jusqu'ici le seul système employé. Celui du Rhône consiste en un volant de fonte de 3$^m$,5 à 4 mètres de diamètre, placé dans un plan vertical, et dont la jante est garnie de 14 à 15 crocs saillants, en forme dite de *bec de sifflet*. L'axe sur lequel est monté ce**

volant est libre de glisser de bas en haut dans des guides, afin que l'appareil puisse s'immerger ou remonter suivant la profondeur du lit. Il est commandé par deux machines à vapeur. L'une, de 15 à 20 chevaux, manœuvrant le treuil sur lequel s'enroule la chaîne réglant l'immersion du grappin, comme il vient d'être dit. L'autre machine à vapeur, forte de 150 à 200 chevaux, est le moteur proprement dit; il commande le grappin, non pas directement, mais par l'entremise d'une longue chaîne sans fin qui engrène avec le pignon calé sur l'axe du grappin, de manière à le mouvoir quelle que soit son immersion. La même force fait en outre mouvoir une paire de roues à aubes ordinaires, dont la force motrice s'ajoute à celle du grappin, et permet même au bateau de marcher sans ce propulseur quand il est seul, et n'a besoin de produire qu'un effort modéré.

En résumé le touage et les grappins ne sont susceptibles d'être employés que dans des cas particuliers; les deux seuls propulseurs d'une application générale sont les roues et les hélices.

### § I. — Roues à aubes.

861. L'origine des roues à aubes appliquées à la navigation est très-ancienne; plusieurs siècles avant notre ère les Romains transportèrent leur armée en Sicile à l'aide de bateaux ayant pour propulseur des roues à aubes manœuvrées par des manéges à bœufs (1). On voit, par

(1) M. le docteur Verdet de Lisle, bibliophile distingué, nous a communiqué un ouvrage, unique peut-être, lequel porte le titre suivant : *Notitia utraque dignitatum cum orientis tum occidentis*, imprimé à Lyon, en 1608. On y voit la description et la grossière gravure d'un na-

l'histoire que M. Léon Duparc a écrite de ce propulseur dans les *Annales maritimes* de 1842, qu'on a souvent proposé de l'appliquer à la navigation à l'aide de divers moteurs mécaniques; mais tous ces projets sont postérieurs à la fameuse lettre du docteur Papin, relatée au n° 458, où se trouve la description la moins contestable et la plus précise d'un bateau à vapeur muni de roues à aubes. Il est à remarquer, au reste, que Papin ne donne pas comme nouveau son projet de roues ; il les avait vues manœuvrer en Angleterre à l'aide d'un manége, et ce qu'il offrait d'inconnu se bornait à la substitution d'une machine à vapeur au manége avec ses moteurs animés. N'insistons donc pas davantage sur la première invention de roues à aubes, qu'il faut regarder comme ayant été connues dès l'antiquité, et disons seulement que ce propulseur apparut définitivement dans l'industrie avec les premiers bateaux à vapeur. Les premières roues furent à l'arrière et à aubes fixes.

Dès 1820 on s'occupa d'en tirer plus de travail utile en les installant de manière à ne pas relever inutilement l'eau en arrière. L'un des systèmes encore employés dans ce but, est celui des *aubes mobiles dites articulées* que M. Cavé adapta à ses premiers bateaux à vapeur, en 1824 et 1827. C'est jusqu'ici la plus ancienne date qu'on puisse assigner au premier emploi de ces roues dans la marine. Le mode d'action en a été depuis diversement varié par Morgan, Penn, Nillus et autres. Leur

---

vire mû par trois paires de roues à aubes, manœuvrées chacune par un manége attelé de deux bœufs; système qui paraît connu au temps de l'écrivain, et que les Romains employèrent, dit-il, dès la première guerre punique, quand ils créèrent leur fameuse marine.

plan et leur installation a fait aussi l'objet de divers systèmes dont il sera parlé ci-après.

862. Commençons par étudier le mode d'action et le travail moteur des roues, puis nous examinerons quelles limites les considérations pratiques assignent à leurs dimensions et aux éléments de leur travail.

Les roues à aubes étaient définies par Papin des *rames tournantes.* Elles consistent en une série de palettes disposées autour d'un axe nommé arbre de couche que fait tourner la machine à vapeur, et qui viennent tour à tour prendre dans l'eau un point d'appui, non pas absolu comme sur terre, mais relatif et, en tous cas, suffisant pour imprimer en sens contraire au navire le mouvement de progression. Ces roues développent à leur circonférence une pression, et elles parcourent en l'exerçant un certain chemin, donc elles travaillent, comme nous avons vu travailler les roues des locomotives (685); mais rappelons de suite qu'entre les deux machines il y a cette différence que les roues de locomotives font parcourir au train un chemin égal à celui que décrit un point donné sur le cercle de roulement, tandis que les roues de bateaux à vapeur ne transmettent à celui-ci qu'une partie de sa vitesse et de son travail moteur, parce que la masse liquide n'offre aux aubes qu'un point d'appui imparfait; elles cèdent et *reculent* partiellement sous leur pression (858).

863. *La pression des aubes* en mouvement dans l'eau est, conformément au principe du n° 38, proportionnelle à la surface et au carré de leur vitesse *effective.*

La vitesse se calcule au *centre de pression* des aubes, c'est-à-dire au point par lequel passe la résultante de toutes ses poussées sur la masse liquide. Les construc-

teurs estiment qu'on peut le supposer pour la pratique aux 2/3 selon les uns, et selon les autres à 1/2 à compter du *bord intérieur* de l'aube. Nous le supposerons pour notre part à la moitié, c'est-à-dire au centre de la palette si elle est quadrangulaire.

Ainsi une roue ayant $4^m,24$ de diamètre total et portant des aubes de $0^m,60$, n'aura pour diamètre réel entre leur centre de pression que $3^m,64$. Soit $11^m,43$ la circonférence développée correspondante; si la roue donne 42 tours par minute ou 0,7 de tour par seconde, la vitesse que nous aurons à considérer sera $11,43 \times 0,7 = 8^m$.

La vitesse effective entrant comme élément dans le calcul de la pression des aubes, est celle qui est égale à la vitesse des aubes à leur centre de pression, moins la vitesse qu'elles impriment au bateau. En effet le bateau fuit en sens contraire de la poussée des aubes; on verra plus loin que la vitesse des aubes ne doit pas dépasser notablement celle du bateau, mais il faut cependant qu'elle la dépasse, autrement les aubes ne s'appuieraient pas sur la masse liquide.

864. Si parmi les tableaux du chapitre V nous choisissons quelques bateaux à vapeur réputés par leur bon service, voici quel est leur rapport de la vitesse du bateau à celle des roues, calculée au centre de pression des aubes.

| DÉSIGNATION DES BATEAUX. | VITESSE par minute du bateau. | VITESSE par minute des roues. | RAPPORT. |
|---|---|---|---|
| | m. | m. | |
| *Le Chamois* (du Havre). . . . . . . . . . . . | 336 | 453 | 1,35 |
| *Le Franklin* (transatlantique américain) . . . | 308 | 416 | 1,35 |
| *L'Hirondelle* (de la Saône). . . . . . . . . . | 265 | 393 | 1,48 |
| *L'Avant-Garde* (de la Saône). . . . . . . . . . | 333 | 533 | 1,36 |
| *Le Parisien* (de la Saône). . . . . . . . . . | 300 | 493 | 1,64 |
| *Le New-World* (de l'Hudson). . . . . . . . . | 433 | 729 | 1,68 |
| *Le Chérokée* (transatlantique). . . . . . . . . | 413 | 157 | 1,38 |
| *Le Northener* (*id.* américain). . . . . . . . . | 401 | 152 | 1,50 |
| *L'Europa*. . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 484 | 824 | 1,70 |
| ''' (transatlantique). . . . . . . . . . . . | 486 | 804 | 1,65 |
| Moyenne. . . . . . . . . . . . . | . . . . . | . . . . . | 1,509 |

Il résulte de ce tableau comparatif que la vitesse des aubes à leur centre de pression dépasse de 0,35 à 0,70 la vitesse du bateau ; rarement on descend au-dessous du premier nombre, plus rarement encore on atteint jusqu'au second.

M. Ewbach, ingénieur américain (1), cite cependant un steamer transatlantique où ce rapport égale 2,65. Quelques grands bateaux du Rhône donnent aussi pour rapport 2,06 et même 2,57 ; mais ce sont des exceptions dues à la rapidité du courant, du moins dans le dernier cas ; la moyenne 1,50 ci-dessus paraît donc convenir aux circonstances moyennes. Les vitesses supérieures ne s'appliqueront qu'au cas où il est nécessaire de transmettre une très-rapide vitesse à des petites roues destinées à communiquer une grande puissance de propul-

(1) Voyez le *Technologiste* de 1850.

sion, lorsqu'on est gêné pour développer la surface des aubes. Soit donc V la vitesse du navire en eau morte, soit $v$ la vitesse des aubes à leur centre de pression. La différence de ces deux vitesses entrant comme élément dans le calcul de la pression de ces aubes dans l'eau, sera $u = V - v$, et tout devra être combiné pour que cette vitesse $u$ égale $V \times 1,50$, c'est-à-dire, en d'autres termes, pour que la vitesse des roues, au centre de pression des aubes, soit d'environ moitié supérieure à celle du bateau.

Telle sera la vitesse entrant comme élément dans le calcul de la pression des aubes; mais quand on calculera leur travail moteur, c'est leur vitesse effectivement développée au centre de pression qu'on devra considérer.

866. La pression dans l'eau, on l'a vu aux nos 47 et 834, égale de 55 à 60 kilogrammes par mètre carré de surface, et elle est proportionnelle au carré de la vitesse effective. Donc le travail moteur et effectif d'une roue à aubes sera :

$$T = 60S(u-V)^2uy,$$

d'où on tirera la surface des aubes frappant ensemble,

$$S = \frac{T}{60(u-V)^2uy}.$$

Dans ces formules, on désigne par :

T le travail effectif des roues, évalué en kilogrammètres par seconde;

S la surface, en mètres carrés, des aubes immergées et frappant ensemble;

$u$ la vitesse, en mètres, par seconde, des aubes à leur centre de pression (moitié de la hauteur).

V la vitesse du bateau, en mètres, par seconde;
y un coefficient dont la valeur varie de 0,30 à 0,70, ainsi qu'il va être expliqué au n° 867.

Exemple : soit un bateau de rivière dont la vitesse en eau morte est $V = 5^m,55$, la vitesse des aubes étant $u = 8^m,88$, et leur surface frappante $S = 2^{mq},40$. En prenant *à priori* le coefficient $y = 0,65$, la formule donnera :

$$T = 60 \times 2,40 \times (8,88 - 5,55)^2 \times 8,88 \times 0,65 = 9143^{km}$$

Soit pour les deux roues 18286 kilogrammètres ou 243 chevaux. Ce sont à peu près les données du bateau *l'Avant-Garde* (855).

Réciproquement, soit un bateau dont le travail résistant est évalué $T = 18286$ kilogrammètres à diviser entre deux roues à aubes, dont la vitesse au centre de pression sera $u = 8^m,88$ par seconde, celle du bateau devant être $5^m,55$ ; dans le même temps la surface des aubes sera :

$$S = \frac{18286}{60 \times (8,88 - 5^m,55)^2 \times 8,88 \times 0,65} = 4^{mq},90$$ en nombre rond, et $2^{mq},45$, c'est-à-dire moitié pour chacune des deux roues, en supposant qu'elle n'ait qu'une aube frappant à la fois, et $1^{mq},24$, c'est-à-dire le quart, en supposant qu'il y ait sur chaque roue deux palettes frappant à la fois. Dans *l'Avant-Garde* on peut compter sur chaque roue une aube et un tiers en action, ce qui porterait la surface des aubes à $1^{mq},60$, nombre qu'on leur trouve effectivement.

866. Expliquons maintenant pourquoi le coefficient $y$ existe dans la formule. On a déjà dit que les agents mécaniques, toujours plus ou moins imparfaits, n'utili-

sent jamais qu'une fraction de la puissance motrice que développe le moteur et qu'il transmet par leur entremise. Les roues à aubes de bateaux à vapeur gaspillent et absorbent une partie du travail développée par l'effet des quatre causes principales qui suivent :

1° Les aubes n'agissent avec toute leur efficacité pour la progression du navire que lorsqu'elles approchent de la verticale; ce qui n'a lieu que pendant un instant très-court.

2° En sortant de l'eau, elles la relèvent avec un très-grand effort, qui croît en même temps que la vitesse et leur immersion.

3° Les roues éprouvent un recul considérable (voyez n° 858) par la mobilité du liquide :

4° Les roues agissent rarement bien dans leurs conditions normales : le mouvement des vagues, le roulis du navire, son inclinaison sous le vent ou par l'effet d'une charge mal répartie, le courant de la masse liquide, les détours pour suivre en rivière les sinuosités du chenal, voilà une partie des causes qui gênent l'action des aubes et les font tantôt plonger, tantôt sortir de l'eau.

C'est pour tenir compte de toutes ces circonstances qu'on insère dans la formule du n° 866 le coefficient $y$; sa valeur exprime la quantité de travail théorique utilisable et conservée. Les expérimentateurs, notamment Seguin et Barlow, ont indiqué que, dans les meilleures circonstances, le travail utilisé pouvait atteindre jusqu'aux 83 centièmes du travail développé par la machine. Mais ce rapport peut aussi descendre au-dessous de 30 centièmes, et il faut encore supposer un ensemble de conditions satisfaisantes pour qu'on puisse évaluer à $y = 0{,}65$,

comme nous l'avons fait, le coefficient de la formule du n° 866.

867. *Divers systèmes* ont été imaginés pour obtenir des roues à aubes plus d'effet utile. Non-seulement on a cherché à diminuer leur recul (838) par de bonnes proportions données à l'ensemble des appareils, mais on s'est occupé de soulager les pales de l'eau qu'elles ont toujours à rélever. Dans ce but, on les a rendues mobiles autour d'un axe, de manière à présenter le plat en entrant dans l'eau, et à les effacer en présentant le bord à l'instant de leur sortie. Ce mouvement s'opère par une tige menée par un excentrique et dirigeant l'inclinaison.

C'est le système bien connu de Cavé, Nillus, Morgan et Penn décrit dans tous les recueils de machines marines (862). Il faut leur ajouter celui du baron Seguier, où l'axe, perpendiculaire à l'arbre moteur de la roue, fait effacer la palette suivant un plan parallèle à l'axe du navire.

Divers autres systèmes d'aubes ont été employés, les unes en forme de volets fixes ou mobiles, d'autres inclinées de différentes manières. La plupart de ces dispositions ont présenté des avantages à côté d'inconvénients, et l'expérience n'a pas encore prononcé sur leur mérite. Si elles augmentent le rendement du travail utile, ce qui ne paraît pas douteux, elles offrent par contre un surcroît de poids et de complications qui fait généralement préférer les roues à palettes fixes, malgré leur imperfection qui sent l'enfance de l'art.

868. *La place que les roues* occupent sur la longueur de la coque est déterminée par trois conditions :

1° Il faut que leur poids ne dérange pas la position

normale de la coque dans l'eau, du moins pendant la marche ;

2° Il faut qu'elles reçoivent en plein l'eau sur laquelle elles prennent leur point d'appui, qu'elles la rejettent librement en arrière sans gêner, non plus, la marche du bateau lui-même ;

3° Il faut enfin que la machine puisse les mouvoir aussi directement que possible.

D'après ces trois considérations, on a placé les roues suivant quatre systèmes que voici :

*Dans le type ordinaire*, deux roues latérales sont placées, avec la machine entre elles, en dehors de la maîtresse-section du navire, et à un point de la longueur qui dépend d'abord de la position du centre de gravité de la coque avec son chargement. Il importe, en effet, que le poids des roues et des machines ne dérange pas la position normale du navire sur l'eau, et ne déplace pas sa ligne d'eau de régime. La position des roues et des machines dépend en second lieu de la convenances des emménagements intérieurs. En résumé on les place entre les 2/3 et la 1/2 de la longueur à partir de l'avant.

*Dans le type des porteurs, de M. Gâche* (fig. 18), il existe aussi deux roues latérales avec la machine entre deux. Mais ces roues sont à l'arrière des deux côtés d'une poupe fine, quoique suffisamment évasée dans le haut pour recevoir la machine. De cette manière, la largeur des roues ne dépasse pas celle de la maîtresse-section du navire, et il peut naviguer dans les passes étroites, où les bateaux du précédent système avec leurs roues en saillie ne pourraient entrer. Il existe un grand nombre de bateaux de ce système, notamment sur la Seine.

Le défaut des roues en arrière est de charger le bateau

sur la poupe et de le faire relever par l'avant. Aussi ce système ne peut-il convenir qu'aux bateaux où le chargement d'un poids suffisant de marchandises peut permettre en tout temps de ramener le navire à sa ligne d'eau normale, à moins qu'on ne l'y maintienne par la chaudière mise, en contre-poids des roues et machines, sur l'avant.

869. *Quatre roues latérales* ont été essayées à diverses reprises, notamment sur la Seine, dans deux bateaux à vapeur : l'un d'eux, nommé l'*Avenir*, et construit en 1838, par Galy-Cazalat, avait deux larges roues à la maîtresse-section de la coque, vers le premier quart de la longueur à partir de l'avant. La coque était, à partir de ce point, très-effilée vers l'arrière, et les deux autres roues, plus étroites et en retraite, relativement aux autres, étaient à peu près aux 3/5 de la longueur ; l'insuffisance de la chaudière et le manque de ressources pécuniaires firent cesser les expériences. Ce magnifique bateau a été dépecé depuis sans qu'on ait pu avoir le dernier mot sur le système.

L'autre bateau, nommé la *Persévérance*, était venu de la Loire et navigua sur la Seine pendant quelque temps entre le Pec et Rouen, vers 1840. Les deux roues principales étaient au premier quart de la longueur, les autres étaient à l'arrière et en retraite, à peu près comme dans les *porteurs*. Le bateau marchait très-vite, mais la mauvaise construction des machines leur fit éprouver à chaque instant des avaries ; jamais il n'a pu avoir une semaine de service régulier, et quoique son emménagement eût pu servir de modèle, il fut délaissé des riverains.

870. Les *monoroues* sont le quatrième système de

bateaux à aubes; ils sont ainsi nommés, parce qu'ils n'ont qu'une seule roue en arrière ou au centre, au lieu des deux roues latérales du précédent système. Les premiers steamers de Fulton avaient une roue unique à l'arrière, que la machine manœuvrait à distance avec des engrenages et arbres de transmission. Leurs avaries fréquentes fit reporter les roues sur le côté avec la machine entre deux agissant directement sur elles. Depuis quelques années, on construit pour la navigation sur les canaux, des bateaux où la roue unique R (fig. 19), agissant dans une cavité ménagée au milieu d'une poupe presque prismatique, est commandée en dehors des deux côtés par les machines *mm*.

Dans ce système de monoroue en arrière, le bateau a, comme le deuxième type ci-dessus, l'inconvénient d'être trop chargé sur la poupe, et de relever de l'avant quand il est vide (n° 869).

Dans le type dit des *bateaux-jumeaux* (fig. 20), la roue unique R est entre deux coques étroites *aa*, *bb*, réunies par un pont commun sur lequel s'élève une vaste dunette renfermant les chambres des voyageurs et la chambre des machines. Celles-ci *mm*, comme dans les monoroues, agissent latéralement aux deux extrémités de l'arbre porte-roue. Ces bateaux-jumeaux existent en grand nombre, dit-on, sur les fleuves d'Amérique. Il en a été construit plusieurs en France par Cavé et Nillus; trois d'entre eux font encore leur service à Rouen; leur défaut est d'avoir un grand tirant d'eau, à cause du déplacement très-réduit des deux étroites coques, entre lesquelles se trouve la roue. Leur avantage est d'offrir de très-vastes emménagements et de pouvoir recevoir un grand nombre de voyageurs. Dans ces bateaux

comme dans le type du n° 869, la machine et les propulseurs sont installés de manière à ne pas incliner le navire.

Mais ce qui est très-important est que toute la partie des deux coques jumelles, qui s'étend au delà de la roue et forme le canal où s'écoule l'eau en arrière, soit évidée de manière à augmenter de section et faciliter l'écoulement du liquide.

871. Il nous reste à examiner quelles sont les meilleures proportions indiquées par l'expérience pour les vitesse, surface, nombre et immersion d'aubes, ainsi que pour le diamètre des roues.

*La surface des aubes* dépend de la vitesse qui leur est imprimée, et la règle est que celle-ci doit être, au centre de pression, de un quart à la moitié supérieure à celle du navire. D'après cela, on calculera la surface par la deuxième formule du n° 866.

On verra qu'en principe chaque roue ne devrait avoir qu'une seule aube frappant et trempant en plein. Cela est possible dans les petits bateaux; mais dans les grands steamers transatlantiques, les constructeurs ont été forcés de faire agir simultanément quelquefois au delà de huit aubes sur chaque roue; elles se contrarient mutuellement, et c'est alors le cas d'affaiblir la valeur du coefficient $y$ dans les formules du n° 866. Si l'on avait été forcé de ne faire frapper qu'une ou deux aubes comme sur les petits bateaux, on aurait été amené à leur donner des dimensions monstrueuses. Or si les trop petites aubes ont besoin d'être trop accélérées, de trop grandes aubes rendent les roues très-lourdes et très-volumineuses.

La largeur des aubes est en outre limitée par l'ouverture des passes, des ponts et des écluses à franchir.

Quant à leur hauteur elles ne doivent, d'abord, jamais descendre plus bas que la carène. Mais ce qui importe essentiellement aussi, c'est que la vitesse du bord intérieur des aubes dépasse un peu, *mais un peu seulement*, la vitesse du bateau, sinon elles retardent sa marche et jouent, pour ainsi dire, le rôle d'un frein.

Voici pour quelques bateaux à vapeur le rapport de la vitesse du bateau au bord intérieur des aubes des roues :

| DÉSIGNATION DES BATEAUX. | VITESSE par minute | | RAPPORT. |
|---|---|---|---|
| | du bateau | des roues. | |
| | m. | | |
| *Le Chamois* du Havre. . . . . . . . . . . . . | 336 | 367 | 1,09 |
| *Le Franklin*, transatlantique américain. . . . | 308 | 376 | 1,22 |
| *L'Hirondelle* de la Saône. . . . . . . . . . . . | 265 | 336 | 1,27 |
| *L'Avant-Garde* de la Saône. . . . . . . . . . | 333 | 435 | 1,30 |
| *Le Parisien* de la Saône. . . . . . . . . . . . | 300 | 394 | 1,31 |
| *Le New-World*, le plus grand et le plus rapide bateau de rivière en Amérique. . . . . . . . | 433 | 681 | 1,57 |

Le premier et le dernier rapport sont les limites extrêmes; la moyenne des quatre autres donne pour moyenne 1,25, ce qui signifie que la vitesse du bord intérieur des aubes dépasse d'un quart celle du bateau. C'est ce qu'on fait communément. Murray limite même ce rapport à 0,20. D'autres, se rapprochant encore plus du constructeur du *Chamois*, le font descendre jusqu'à 0,12.

Si maintenant on résume les tableaux O, Q, S du chapitre V, on voit que les plus grandes aubes ne dépassent pas 4 mètres de large et $0^{m},80$ de hauteur. Au delà elles sont impraticables.

**872.** *La forme ordinaire* des aubes est celle d'un pa-

rallélogramme rectangle ayant en longueur environ six fois leur largeur.

Cette forme a été étudiée à New-York par M. Ewbach, dont les remarquables mémoires sont insérés et traduits dans le *Technologiste de* 1850 (revue française des arts et de l'industrie). Vingt formes ont été essayées à surface et immersion égales. La seule forme reconnue éminemment favorable à la vitesse a été celle d'un triangle ayant sa base à l'extrémité du rayon, et son sommet tourné vers le centre. L'auteur du mémoire ajoute que c'est là, en effet, le type que la nature nous offre dans le pied ou rame des oiseaux palmipèdes.

M. Ewbach attache en outre beaucoup d'importance à ce que les aubes, au lieu d'épaisses voliges, soient de simples feuilles de tôle amincies tout autour, déplaçant par elles-mêmes peu d'eau, et enduites de substance empêchant l'eau d'adhérer sur elle. Nul doute que l'adhérence du liquide sur la palette ne contribue beaucoup à cette résistance qu'elle éprouve en se relevant et qui absorbe beaucoup de travail utile (867). La nature nous offre encore dans les oiseaux et les poissons un frappant exemple du soin que nous devrions prendre à faire glisser sur nos propulseurs et navires, sans y adhérer, les molécules liquides. Un des plus éminents ingénieurs anglais, M. Rennie, était déjà arrivé à la même conclusion que M. Ewbach. (Voyez *Technologiste*, 1re année, page 270.)

M. Cavé a essayé dans le même but sur les aubes et la carène un mastic de stéarine et d'huile; mais les coquillages et les herbes, en y adhérant, ont démontré de suite l'impossibilité pratique d'arriver à un résultat. Quant aux aubes, on pourrait essayer de les recouvrir de

feuilles de laiton ou zinc, analogues à celles qu'on emploie pour doubler la carène, afin de les rendre plus aptes à glisser dans l'eau.

873. *Les aubes sont ordinairement fixées autour de la roue* de manière à frapper l'eau à plat. M. Cavé et quelques constructeurs les placent de biais, de manière à ce qu'elles trempent peu à peu dans l'eau, et que l'une commence à y pénétrer dès que l'autre est prête à l'abandonner. Par cette disposition, le clapotement des roues est moins fort, ainsi que les secousses qui en résultent; l'expérience a d'ailleurs prouvé que leur effet utile n'était pas diminué, à égalité de surface projetée.

Dans cette disposition elles ont encore pour effet de ne pas renvoyer l'eau contre la coque; or tout ce qui peut gêner l'écoulement de cette eau en arrière et délivrer la coque des flots soulevés par les roues, ne saurait être évité avec trop de soin.

M. Galy-Cazalat a fait sur les aubes des expériences en petit qui ont donné les résultats suivants : des roues ont été installées de diverses manières sur les flancs d'un petit bateau ayant $1^{m},72$ de long et 28 centimètres de large, mues par un mécanisme à ressort. L'espace à parcourir autour d'un bassin circulaire était $11^{m},50$ :

| ROUES. | DIAMÈTRE des roues au centre de pression. | AIRE des aubes. | ROUES éloignées ou rapprochées de la coque. | TEMPS de parcours en seconde. |
|---|---|---|---|---|
| Roues à 8 aubes, dont une verticale trempante, les deux voisines affleurant l'eau. . . | m. 0,141 | m q. 0,001 | Rapprochées.<br>Éloignées. . . | 40,0<br>41,0 |
| Roues à 10 aubes, dont deux trempantes, les deux voisines affleurant l'eau. . . . . | 0,190 | 0,002 | Rapprochées.<br>Eloignées. . . | 55,0<br>55,5 |
| Roues à 5 aubes, dont une trempante et les deux voisines affleurant l'eau. . . . | 0,190 | 0,002 | Rapprochées.<br>Eloignées. . . | 51,0<br>53,0 |

Il résulte de ces expériences que :

1° Les grandes roues ont donné moins de vitesse. Est-ce à la hauteur ou à l'aire des aubes qu'il faut l'attribuer? C'est ce que l'auteur n'a pas eu le temps d'étudier.

2° Les roues rendent plus d'effet utile avec une seule aube trempante, les deux voisines touchant seulement l'eau.

3° Les aubes éloignées de la carène ont donné moins de vitesse. Ce résultat, dit M. Galy, contraire à celui que j'attendais, tient au mouvement circulatoire du bateau. Quand ce dernier se meut en ligne droite, l'effet produit par les aubes est plus grand lorsqu'elles sont convenablement éloignées pour diminuer le frottement.

Le seul fait qui soit donc demeuré constant, d'après les expériences qui précèdent, est qu'il faut, autant que possible, ne faire agir en plein qu'une seule aube, les deux voisines effleurant l'eau ; l'une pour y entrer, l'autre pour sortir. Mais, nous l'avons déjà dit, ce système, ra-

tionnel tant qu'on peut donner à l'aube trempante de chaque roue une surface non exagérée, est tout à fait impossible dans les grands bâtiments, qui ont besoin parfois de plus de 20 mètres de surface d'aubes frappantes. Les expériences de M. Galy prouvent que le propulseur est alors dans de moins bonnes conditions. Mais c'est une nécessité qu'il faut subir.

874. *Le nombre des aubes* autour de la roue est déterminé par cette considération, qu'elles doivent être assez éloignées, afin que chacune exerce distinctement sa poussée sur l'eau (Voyez 871).

Si elles sont trop rapprochées, le liquide, ébranlé par l'aube précédente, fuit derrière l'aube qui arrive, et elle frappe dans le vide.

Si les aubes sont au contraire trop éloignées, le propulseur perd du temps, et chaque palette, en arrivant sur l'eau, produit une secousse qui se transmet à tout le navire.

La distance des aubes dépasse rarement $0^m,90$, et elle ne descend guère au-dessous de $0^m,70$.

875. *L'immersion des aubes*, c'est-à-dire la quantité dont leur bord intérieur est caché sous l'eau est fort importante. Si les aubes se contentaient de raser la masse liquide, elles ne produiraient aucune percussion, et par suite aucun travail utile pour la progression du navire. Si, au contraire, elles sont trop immergées, elles relèvent inutilement l'eau pour sortir après leur action.

L'immersion des aubes est très-variable par suite : 1° du chargement qui, variant lui-même, fait enfoncer plus ou moins la coque ; 2° du mouvement du navire qui, surtout en mer, plonge inégalement des deux côtés ; il arrive même dans les gros temps que, tandis qu'une roue

sort de la masse liquide sous l'action du roulis, l'autre s'immerge entièrement jusqu'à l'axe; ni l'une ni l'autre ne fonctionnent alors utilement. C'est là même le grand vice de ce propulseur.

Sur les rivières, l'immersion varie particulièrement pour les roues des légers et étroits bateaux à voyageurs, lorsque ceux-ci s'accumulent sur un des côtés du pont; on voit souvent alors une roue sortir de l'eau, au moins partiellement, l'autre étant alors fortement immergée. Le sillage est par suite en souffrance.

En résumé, le constructeur ne peut donner aux roues qu'une immersion calculée pour une charge moyenne, et qui puisse être réduite ou dépassée de certaine quantité sans trop nuire au sillage. Ordinairement, les aubes ne trempent que partiellement quand le navire est vide, et elles sont immergées de 1 décimètre sous charge moyenne.

D'après R. Murray, voici la quantité dont il faudrait immerger le bord intérieur des aubes pour différents navires :

| | |
|---|---|
| Pour les grands navires en mer, de. . . . . | $0^m,36$ à $0^m,42$ |
| Pour petits bâtiments en mer, de. . . . . . | $0^m,24$ à $0^m,36$ |
| Pour bateaux de rivière. . . . . . . . . . . | $0^m,02$ à $0^m,04$ |

Ces nombres s'appliquent probablement, dans la pensée de l'auteur, au cas des bâtiments en ordre de marche sous charge moyenne; mais alors ceux qui concernent les bateaux de rivière nous paraissent faibles.

*Le diamètre des roues* dépend avant tout de la vitesse à imprimer aux aubes, eu égard à la vitesse de la machine. Plus grand sera le nombre de rotations, plus faible sera le diamètre des roues, et réciproquement.

Le diamètre des roues dépend encore de la hauteur de bordée du navire. Mais s'il faut élever leur axe de manière à ce qu'il ne gêne pas la circulation du mécanicien autour des machines, dans la chambre, il faut en même temps se garder de l'élever au-dessus du pont d'une manière gênante et capable d'entraver sur les rivières la passe des ponts.

On voit par les tableaux O, Q, S du chap. V que le diamètre des roues atteint au delà de 10 mètres dans les grands bâtiments transatlantiques. S'il est très-grand aussi dans les forts bateaux des fleuves américains, il ne dépasse guère 6 mètres dans les autres cas.

Plusieurs bateaux, à la vérité de petite bordée et faible force, se font remarquer par le petite diamètre de leur roue, lesquels sont alors animés d'un rapide mouvement de rotation (865). Ce système a toujours semblé favorable au sillage. Il présente, en effet, deux avantages : 1° il réduit beaucoup le poids des roues, et il les rend moins encombrantes ; 2° en faisant l'épure de deux roues, l'une à grand, l'autre à petit diamètre, on voit que celle-ci sort plus rapidement de la masse liquide en relevant moins d'eau.

*Le nombre de tours* que doivent donner les roues pour que les aubes aient la vitesse voulue s'obtient en divisant cette vitesse des aubes par la circonférence développée des roues.

Ainsi, soit 8 mètres par seconde la vitesse que doivent prendre les aubes d'une roue dont le diamètre entre les centres de pression (864) est $D = 3^m,64$. Le nombre de tours *n* que devra lui imprimer la machine sera :

$$n = \frac{8}{3,64 \times 3,14} = 0,7 \text{ tours par seconde},$$

soit 42 tours par minute.

877. *L'installation des roues* et de l'arbre mû par la machine, sur lequel elles sont montées, se lie à l'installation même de la machine; il en sera parlé plus loin (934). A ce qui vient d'être dit sur les aubes autour de la roue, il reste à ajouter quelques observations relatives à leur pose et aux tambours sous lesquels elles jouent :

1° Les aubes trempantes des deux roues latérales doivent frapper ensemble le liquide, sinon chaque aube frappant seule tend à faire tourner le navire; ce qui engendre des secousses et fatigue les paliers de l'arbre.

2° Les aubes ne doivent pas être fixées à demeure par des rivures, mais leur attache doit être à boulons susceptibles de se démonter, afin qu'on puisse les enlever et les remplacer si elles sont cassées.

*Les tambours* qui recouvrent les roues et empêchent la projection de l'eau sur le pont demandent plusieurs précautions importantes dans leur installation.

1° Il faut qu'ils soient *très-solides*, car le capitaine et les hommes d'équipage ont souvent besoin de s'y tenir; en mer, les vagues déferlent sur eux et pourraient les enlever; en rivière ils heurtent assez souvent contre les quais et les ponts.

2° Il faut que les tambours soient *étanches*, c'est-à-dire qu'ils n'offrent aucun interstice donnant passage à l'eau sur le pont; donc, s'ils sont en bois, que les douves dont ils se composent soient assemblées à languettes et rainures; s'ils sont en tôle, que celle-ci soit assemblée,

rivée et matée avec le soin qu'on apporte aux chaudières, et que la déformation ou le gondolement soient prévenus par des cornières ou armatures convenables.

3° *La réduction de poids* des tambours, autant que le permet cependant la solidité, et *l'égalité de poids* des tambours latéraux, sont encore des points essentiels sur lesquels il n'est pas besoin, sans doute, de nous arrêter.

4° Les tambours doivent être *largement évasés* en arrière pour ne pas arrêter l'eau rejetée par les aubes; on ne saurait croire à quel point la marche du bateau est gênée quand le départ de l'eau n'a pas toute sa liberté.

5° Pour amoindrir la résistance du vent sur les tambours, qui offrent une saillie presque égale à la section du navire, il importe de les *munir en avant de cabines angulaires*, dont l'intérieur est facilement utilisé pour le service du navire dans son emménagement.

6° Il est ordonné pour les bateaux de rivière de munir le bas des tambours d'une sorte de cage dite *de défense*, pour empêcher les battelets d'embarcation de s'engager dans les roues; les deux montants de cette cage, qui descendent des angles de chaque tambour, sont en outre munis de tampons ou galets en saillie, pour empêcher le tambour de heurter dans les écluses et sous les ponts où il n'existe parfois que juste la passe.

7° Chaque tambour doit être muni d'une *porte* ouvrant sur le pont, fermant hermétiquement en marche, et destinée à donner accès au mécanicien dans l'intérieur de la roue lorsqu'il faut la visiter.

### § II. — Hélices (1).

878. L'histoire de l'invention des hélices a été très-souvent écrite. La plupart des ouvrages qui traitent de ce propulseur commencent par un long historique, dont nous ne ferons que résumer les faits principaux, renvoyant, pour plus de développement, au *Traité des hélices* du capitaine Paris (Introduction de Bourne).

L'hélice, employée à divers usages domestiques ou industriels comme organe mécanique, paraît avoir été connue même dans l'antiquité. Mais ce n'est qu'en 1752 qu'elle est pour la première fois proposée pour la propulsion des navires par Bernouilli. Son projet d'hélices latérales et plongées, en forme d'ailes de moulin à vent, reçut un prix de l'Académie française. Depuis, une multitude d'inventeurs eurent la même idée. MM. Paris et Bourne énumèrent 123 propositions principales faites jusqu'en 1851, rien qu'en France, en Angleterre et en Amérique, dont 30 eurent lieu de l'année 1800 à l'année 1840.

Ce qu'il importe de rechercher, c'est à qui revient la première *application réussie* de l'hélice aux bateaux à

(1) De nombreux traités et mémoires existent sur l'application des hélices à la navigation; voyez le Mémoire de Léon-Duparc, *Annales maritimes*; 1842; *Recueil des machines*, par Armengaud, 23; *Mémoire sur les propulseurs*, par le capitaine Labrousse; *Traité des propulseurs*, de Galloway, traduit par Labrousse; *Mémoire sur la navigation aux États-Unis*, par Marestier; *Treatise on the screw propeller*, par Bourne; *id.*, par Tredgold, nouvelle édition; *Rudimentary treatise on the marine engine*, par R. Murray; Mémoire de MM. Moll et Bourgois; *Traité de l'hélice propulsive*, par le capitaine Paris.

vapeur. Or, d'après M. Marestier, les bateaux à hélice existaient en Amérique dès 1824. Mais déjà, en 1823, le capitaine Delisle avait, par un mémoire au ministre de la marine en France, proposé et décrit l'hélice à filet évidé dite hélice-Ericson.

En 1840, M. Sauvage, constructeur de navires à Boulogne, propose à son tour au ministre l'hélice à filet plein, dite en Angleterre *hélice-Smith*. D'après M. Dupin (*Revue de l'exposition de Londres de* 1851, t. III), Smith, qui était simple fermier à Midlessex, aurait devancé de quatre ans le projet de M. Sauvage, et les expériences avaient déjà eu lieu en grand sur la Tamise et le canal de Paddington, quand les essais du *Rattler* eurent lieu en 1842 (895). Ce qui est certain, c'est que les Anglais regardent Smith comme le premier auteur de l'application des hélices à la navigation, et qu'une récompense nationale lui fut décernée à ce titre. Ce qu'on ne saurait en tout cas contester, c'est que les projets Bernouilli et Delisle ont devancé tous les autres; mais Smith et Rennie ont les premiers, en Europe, construit un navire à hélice *ayant réussi*, ayant poursuivi ses expériences avec suite. Ces expériences ont été évidemment le point de départ des innovations qui ont eu lieu dans la navigation avec l'adoption des propulseurs héliçoïdaux.

Le premier vapeur à hélice construit en France, le fut par Normand (du Havre). La machine, de 120 chevaux, a été fournie par Barnes (de Londres), et l'hélice définitive par Nillus (du Havre). Ce bâtiment, qui se nommait alors le *Napoléon* (aujourd'hui *le Corse*), ne doit pas être confondu avec le vaisseau de MM. Moll et Dupuy-de-Lôme, qui porte le même nom, fut construit en 1848, et fera époque dans l'histoire de la navigation

par sa puissance et la réunion de ses qualités nautiques.

Le premier navire à hélice muni d'une machine à action directe installée tout entière sous la ligne de flottaison, est la corvette de 220 chevaux, le *Chaptal*, qui fut construite à Asnières, près Paris, en 1845, d'après un projet arrêté et soumis au ministre en 1843 par M. Cavé et le capitaine Labrousse.

A cette même époque, le propulseur héliçoïde est entré dans le domaine de la science. Nous relaterons les diverses expériences qui ont eu lieu en France et Angleterre (893). Mais nous devons mentionner les traités écrits de Gallovay et Labrousse, les deux premiers qui aient paru; puis ceux de Bourne et de Paris en 1853 et 1855; enfin, les expériences et mémoires de MM. Moll et Bourgois en 1845.

879. *Considéré dans son principe*, l'hélice, réduite à sa plus simple expression et telle qu'elle était dans l'origine, est une vis à un ou plusieurs filets, qui tourne dans l'eau comme un boulon dans un écrou fixe, où il est forcé d'avancer en chassant les corps qui résistent à son mouvement de progression. L'eau, sans doute, se caractérise par la grande mobilité de ses molécules; mais l'exemple des roues à aubes nous a déjà prouvé qu'en la frappant avec une vitesse suffisante, une palette y trouvait un point d'appui comme contre un corps solide; et, par conséquent, si on fait rapidement tourner l'hélice en question, son filet ou spire trouvera dans l'eau un point d'appui, incomplet sans doute, mais suffisant pour avancer comme la vis dans son écrou fixe.

Ainsi que nous venons de le dire, les premières hélices étaient une vis parfaite, d'abord à plusieurs filets, puis ensuite à un seul filet; mais l'expérience et le calcul

des ingénieurs fit découvrir qu'en brisant certaines parties de ce filet, particulièrement vers son centre de rotation. l'eau s'en dégageait avec moins d'effort, et qu'il en résultait une bien plus grande utilisation de la force motrice pour la marche du navire. On est ainsi arrivé peu à peu à faire des hélices qui ne ressemblent plus à leur forme originaire de vis, et qui rappellent beaucoup mieux celles des ailes de moulin à vent. Dans celles-ci, le fluide en mouvement fait mouvoir les ailes qui résistent; l'hélice d'un navire, au contraire, agit sur le fluide relativement en repos.

880. Ainsi l'hélice, telle qu'elle est employée aujourd'hui à la propulsion des navires, consiste en deux ou plusieurs ailes à surface héliçoïdale, assemblées autour d'un axe horizontal et tournant dans l'eau avec un mouvement rapide.

Il y a des hélices à deux bras opposés : c'est le système préféré en Angleterre. On porte en France le nombre des bras jusqu'à six et au delà.

Lorsque l'hélice est installée dans un cadre dont l'étambot qui porte le gouvernail est un des montants, les constructeurs français, et notamment M. Cavé, donnent ordinairement au propulseur un nombre d'ailes impair, afin qu'il n'y en ait jamais qu'une seule cachée derrière l'étambot. On comprend en effet que celui-ci, ayant dans les grands navires jusqu'à 1 mètre de largeur, masque tout à fait l'aile d'hélice qui passe derrière lui; non-seulement elle est alors sans effet pour la propulsion du navire, mais il en résulte une secousse pour lui, et c'est même en grande partie pour ce motif que nous rejetons en France l'hélice anglaise à deux ailes, quoiqu'elle soit éminemment simple et maniable.

881. Divers systèmes particuliers d'hélices excitent en ce moment l'attention des ingénieurs, savoir :

1° *L'hélice à pas varié de Woodcroft*, où les ailes, au lieu d'être découpées dans une vis proprement dite, sont composées de surfaces héliçoïdales, dont le pas va croissant d'une extrémité à l'autre des ailes.

2° *L'hélice de Holm*, où les ailes ont leurs extrémités rabaissées en cuillère vers l'axe, pour retenir l'eau tendant à fuir devant l'aile qui va la frapper. Quoique des ingénieurs éminents attribuent de grands avantages à ce système, nous devons dire, quant à nous, que le seul essai sur lequel nous ayons eu des renseignements certains n'a pas été heureux.

3° *L'hélice Sollier*, où les ailes, au nombre de 4 ou 6, peuvent se replier l'une devant l'autre, de manière à offrir la forme de l'hélice à deux branches opposées, a pour but de multiplier les ailes autour de l'axe, suivant le type français, tout en lui donnant pour l'enlever la forme simple et maniable du type anglais.

4° *L'hélice en queue de poisson* est ainsi nommée par M. Cavé, son auteur, en raison de sa forme (fig. 26 M). Nous verrons qu'elle a parfaitement réussi comme propulseur en 1843 ; mais elle n'a pas encore été adoptée, à cause de sa longueur (Voyez n°s 900 et suiv.).

5° *L'hélice Mangin* se compose de deux paires d'ailes ramenées à demeure fixe à peu près l'une devant l'autre dans le même plan. Une hélice de ce système est actuellement en essai sur un vaisseau de 1000 chevaux de la marine impériale.

882. Dans toute hélice, nous avons à étudier son diamètre et sa longueur, la surface agissante des palettes, son pas, son recul et sa force motrice utilisée.

*Le diamètre de l'hélice* est limité au maximum par le tirant d'eau du navire, l'hélice devant être noyée sous l'eau d'une quantité qui est, selon Murray, de 0m,45 à 0m,60 pour les bâtiments marins. Est-il absolument nécessaire que l'hélice soit noyée ? Des expériences faites en rivière ont prouvé que non. Mais alors l'hélice n'emploie qu'une partie de la puissance dont elle est capable. La condition de pouvoir être noyée en utilisant bien le travail de la machine est le premier de ses avantages, notamment pour les bâtiments de guerre.

En principe, on admet que l'hélice doit avoir tout le diamètre permis par le tirant d'eau et l'immersion moyenne de 0m,50 qui vient d'être indiquée. C'est donc la dimension qu'on fixe *à priori*, et d'après laquelle on détermine les autres.

*La longueur de l'hélice* est celle occupée par les ailes sur l'arbre tournant où elles sont fixées. On la réduit, autant que possible, afin que son emplacement et son poids à l'arrière du bâtiment ne soient pas un embarras.

Murray, J. Bourne et Paris évaluent en moyenne la longueur de l'hélice dans les grands navires au sixième du *pas* dont il va être parlé.

883. *L'aire de l'hélice* peut s'entendre de deux manières : ce peut être l'aire du cercle décrit par l'extrémité des ailes ; ce peut être aussi l'aire des ailes elles-mêmes ; pour celles-ci il faut encore distinguer la surface développée des ailes et l'aire de leur projection sur un plan perpendiculaire à l'axe de l'hélice.

L'aire des ailes ne joue dans la puissance propulsive de l'hélice qu'un rôle secondaire ; sans doute il faut à ces ailes une surface suffisante pour appuyer sur l'eau, car la résistance de celle-ci sous la pression des ailes

étant (58) proportionnelle à leur surface et au carré de leur vitesse, il faut, comme on l'a vu pour les aubes (863), ou accélérer leur rotation ou déployer leur surface. Mais il ne suffit pas de s'appuyer sur l'eau, il faut aussi que celle-ci se dégage du milieu de la spire, sinon elle arrête son mouvement et fait frein. Si la surface est en outre trop considérable, l'eau en reçoit un mouvement giratoire qui la fait fuir sous l'aile au moment où elle y vient chercher son appui, comme lorsque dans une roue à aubes où les pales sont trop rapprochées, chacune de ces pales trouve un appui insuffisant sur l'eau déjà chassée par la pale précédente.

Ainsi, donner aux ailes une surface assez grande pour former un point d'appui suffisant, restreindre cette surface de manière à ne pas agiter l'eau d'avance, espacer les ailes et les façonner pour que l'eau accumulée dans la spire se dégage, telle est la triple condition à chercher tout d'abord dans une hélice.

Après de longs tâtonnements on est arrivé à reconnaître que l'aire projetée du disque entier de l'hélice devait égaler environ le tiers de la section résistante du navire (cette règle est de Bourne, traduct. de M. Paris, page 52), et que la surface projetée des ailes devait être environ le tiers de la projection du disque total; en d'autres termes, étant donnée la projection du disque entier de l'hélice sur un plan perpendiculaire à son axe, les vides entre les ailes occuperont les deux tiers de ce disque, et la surface projetée des ailes occupera l'autre tiers. La surface de chaque aile et de chaque vide dépendra de leur nombre; s'il y a 2 ailes, la surface pleine, égale au tiers du disque, se divisera entre elles deux seulement; s'il y a 6 ailes, la surface pleine se répartira en six par-

ties. Quant à la surface développée elle dépendra de leur inclinaison, c'est-à-dire du pas.

Les expériences de M. Cavé (897) ont confirmé cette proportion : la première hélice essayée avait un filet plein, plus on l'a échancré plus on a gagné de la vitesse, jusqu'à ce que la spire soit arrivée à la forme de 2 ailes égales, en surface projetée, au tiers de la projection du filet entier. Un évidement supérieur a conduit à un ralentissement et à un recul progressif.

L'aire de projection des ailes étant ainsi déterminée, les deux éléments fondamentaux de l'hélice sont le pas et sa vitesse de rotation.

884. *Le pas*, dans toute vis, est la distance dont cette vis avance dans son écrou fixe après une révolution. Dans les premières hélices à spire entière, le pas était entier et se comprenait aisément. Mais, ainsi qu'on l'a dit (879), afin de faciliter le dégagement du liquide, on a peu à peu pratiqué des entailles dans la spire : on a fini par donner à l'hélice une forme d'ailes de moulin, de palettes inclinées qui paraissent n'avoir rien de commun avec les vis. Néanmoins, ces palettes ont une surface héliçoïdale qui est une fraction du pas, d'abord dessiné entier, puis successivement échancré pour faciliter le dégagement du liquide; cela est si vrai, que ce pas fractionné produit, à circonstances égales, le même effet que la spire entière.

Le pas des hélices à ailes qu'on emploie aujourd'hui n'est donc pas la distance d'une palette à l'autre. Il faut supposer achevée la spire dont chaque palette est un fragment, et le pas de cette spire entière est le pas du propulseur lui-même. Avec un peu d'habitude, on *juge à l'œil*, d'après la direction des palettes d'une hélice, quel peut être le pas de la spire entière où elle a été tranchée.

L'influence du pas est de premier ordre dans l'action propulsive de l'hélice; c'est de la longueur de ce pas, multipliée par le nombre de tours en un temps donné, que dépend la vitesse du navire. Soit donc une hélice dont le pas est $p=5$ mètres et la vitesse $v=2$ tours par seconde. Le bateau filerait $5 \times 2 = 10$ mètres par seconde si toute la vitesse du propulseur était utilisée; mais on verra qu'il n'en est pas ainsi à cause du recul (886) et du frottement.

885. La longueur du pas détermine l'*inclinaison des ailes*. Si celles-ci étaient parallèles ou perpendiculaires à la direction du navire, elles tourneraient dans l'eau sans lui imprimer de mouvement. Il leur faut donc une position intermédiaire. Des auteurs enseignent que le pas doit être proportionné de manière à ce que l'inclinaison des ailes soit d'environ 45 degrés; condition à laquelle on arrive en faisant le pas égal au diamètre du disque de l'hélice. Si nous cherchons dans les tableaux comparatifs du chap. V quel est le rapport observé par les constructeurs pour des navires de bonne marche, nous voyons d'abord qu'en France et en Amérique on allonge généralement le pas beaucoup plus qu'en Angleterre.

Voici quel serait le rapport entre le diamètre de l'hélice et son pas pour quelques bâtiments des deux nations :

| NAVIRES FRANÇAIS. | | NAVIRES ANGLAIS. | |
|---|---|---|---|
| Le Gorse. | 2,31 | Dauntless. | 1,22 |
| Arago. | 1,55 | Desperate. | 1,08 |
| France. | 1,90 | Encounter. | 1,25 |
| Napoléon. | 1,79 | Mægera. | 1,20 |
| Charlemagne. | 1,22 | Niger. | 1,36 |
| Chaptal. | 2,00 | Rattler. | 1,10 |
| Eylau et Isly. | 1,65 | Fairy (de Penn). | 1,50 |
| Primauguet. | 2,25 | *Id.* (avec nouvelle hélice). | 1,29 |
| Moyenne. | 1,83 | Moyenne. | 1,25 |

Des bâtiments américains offrent pour rapport, l'un (*monumental city*) 2,08 et d'autres 1,50, comme le rapport du *Fairy* (1re hélice), tout exceptionnel, à ce qu'il paraît, en Angleterre. Tous ces bâtiments sont d'ailleurs dans des conditions de vitesse qui ne diffèrent pas trop.

Si maintenant nous recherchons à quelle inclinaison d'ailes correspondent les rapports du pas au diamètre qui précèdent, nous voyons que cette inclinaison est d'environ 30 degrés dans le rapport français et 40 degrés dans le rapport anglais. Le succès, à peu près égal des bâtiments comparés, prouve qu'avec l'inclinaison comprise entre ces deux limites, tout étant d'ailleurs dans de bonnes conditions, les ailes ont sur le liquide un point d'appui convenable.

886. *La vitesse* est une condition indispensable pour que l'hélice prenne son point d'appui sur la masse liquide; celle-ci résisterait sans doute par son inertie comme un solide, si la rotation du propulseur pouvait devenir assez rapide pour que l'eau n'eût pas le temps de céder à sa pression, puisque la résistance du liquide à se déplacer au passage des solides, croît comme le carré de la vitesse. Il y a donc en théorie avantage à accélérer la vitesse de l'hélice en conservant à son pas une longueur modérée.

Mais quand l'hélice se meut rapidement, son frottement et la difficulté que le liquide éprouve à se dégager, peut compenser le bénéfice obtenu dans la résistance du point d'appui. La rapide rotation des hélices exige en outre des machines dont les mouvements peuvent devenir trop accélérés.

On voit aux tableaux P et R du chap. V que la vitesse de rotation donnée à l'hélice est de 150 à 200 tours dans les petits bâtiments. Mais, pour les grands navires de mer,

cette vitesse n'a guère, jusqu'ici, dépassé 70 à 80 tours; on s'est même tenu entre 45 et 55 tours pour les grands vaisseaux de 900 chevaux, à cause de la fatigue et des secousses qui résulterait des vitesses supérieures pour les machines.

887. *La puissance motrice utile de l'hélice* est réduite par son recul, son frottement et l'obstacle que l'eau éprouve à se dégager de la spire. C'est dans la forme même de l'hélice que l'on cherche à laisser au dégagement du liquide sa liberté. Le frottement des ailes sur l'eau et la réaction de ce frottement sur les divers coussinets de l'arbre porte-hélice absorbent évidemment une partie notable du travail utile de la machine.

Quant au *recul de l'hélice* (slip of the screw), on sait qu'une vis qui tourne dans un corps solide, dans une pièce de bois, par exemple, avance à chaque révolution d'une longueur exactement égale à son pas. Mais l'eau, qui n'est pas un milieu résistant, cède en partie à l'action de l'hélice qui la presse, comme dans le cas des roues à aubes, de sorte que le chemin imprimé au navire n'est qu'une fraction de celui que le pas lui ferait parcourir si l'eau résistait comme le bois. Cette action de l'hélice qui chasse l'eau et n'utilise ainsi qu'une partie de sa vitesse est ce qu'on est convenu d'appeler le recul. Galloway assure qu'il faut compter en moyenne que le recul égale 1/5 ou 0,2 du pas. De sorte que la meilleure hélice utilise au plus réellement les 4/5 ou 0,8 de sa vitesse. Soit donc une hélice de 6 mètres de pas, elle ne fera parcourir au navire dans chaque révolution que $6 \times 0{,}8 = 4^m{,}8$, au plus. Désignant par $k$ cette utilisation, Galloway en déduit pour calculer le pas $p$, quand on connaît la vitesse $v$ à imprimer au bateau, le nombre de révolutions que la machine doit donner à

l'hélice, la règle suivante : $p = \frac{v + (vk)}{n}$, d'où l'on déduit $n = \frac{v + (vk)}{p}$, quand c'est le pas qui est connu et qu'on veut trouver le nombre de révolutions à donner.

En résumé, pour faire la part du recul et du frottement, les constructeurs estiment que l'utilisation de la puissance motrice réellement développée par le moteur ne diffère pas de celle des roues à aubes, laquelle (867) est en moyenne $k = 0,65$. Il convient en outre de rappeler, pour que l'hélice fonctionne utilement, les deux conditions suivantes :

1° Les formes du navire, convenablement effilées à l'arrière, doivent laisser le liquide se replacer librement. Si cet arrière se trouve dans le vide, l'hélice aussi agit dans le vide, le point d'appui qu'elle cherche contre le liquide lui manque, elle tourne et s'emporte (403), sans utiliser la puissance de la machine motrice.

2° Dans la forme de l'hélice, ayez soin de joindre à la solidité le dégagement voulu pour la libre sortie de l'eau, particulièrement vers l'axe où le vide est naturellement restreint; qu'il n'y ait aucun angle vif; que le bord des ailes soit arrondi par des courbes douces.

888. *Appliquons à un exemple* les règles ci-dessus : soit un navire où la section immergée du maître couple est S = 21 mètres et le tirant d'eau 4 mètres.

Afin de laisser l'hélice immergée d'environ 50 centimètres (881), on voit déjà que son diamètre ne devra pas dépasser $3^m,50$. D'autre part, il lui faut en surface projetée du disque entier (883) le tiers de la section résistante du navire, c'est-à-dire 7 mètres carrés, dont le diamètre correspondant est $3^m,05$.

Si nous faisons le pas égal à 1,25 fois le diamètre, selon le type anglais (884), ce pas aura $3^{m}.81$.

La longueur de l'hélice sera le sixième de ce dernier nombre, c'est-à-dire 0,63.

La surface projetée des ailes, devant être le tiers de l'aire totale du disque, elle sera $\frac{7^{mq}}{3}=2^{mq},33$; s'il y a deux ailes, selon le type anglais, chacune aura $1^{mq},16$; s'il y en a cinq, selon le type ordinaire en France, chacune aura $0^{mq},46$. Le rayon étant limité déjà à $1^{m},525$, ce nombre limite aussi la longueur, et la largeur de la projection est par conséquent $0^{m},30$.

Reste à déterminer la vitesse de l'hélice : la vitesse demandée du navire étant 5 mètres par seconde ou 300 mètres par minute, puisque le pas de l'hélice est $3^{m},81$, on trouvera, en évaluant son recul à 0,3, d'après la règle des n$^{os}$ 885 et 886, qu'elle devra donner par minute

$$n=\frac{300+(300\times 0,3)}{3,81}=103 \text{ tours.}$$

Enfin, la puissance utile à demander au moteur s'obtiendra en multipliant le travail résistant du navire par le coefficient d'utilisation que le constructeur ne saurait évaluer (866) au-dessus de $k=0,65$. Soit donc 270 chevaux le travail résistant donné pour un sillage de 5 mètres par seconde, il ne restera plus qu'à munir le bâtiment d'une machine ayant la force effective de

$$\frac{270}{0,65}=415 \text{ chevaux faisant } 103 \text{ tours.}$$

Pour la comparaison des résultats pratiques avec nos

hypothèses, nous trouvons dans les tableaux P et Q du chapitre V les trois navires suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Provence.* | Force *effective*, 420 chev. | Sect. résist. 23$^{mq}$. | Vitesse, 10$^{nd}$. |
| *Rattler.* | 436 | 26. | 10,07 |
| *Rifleman.* | 348 | 20. | 9,00 |

889. *La place des hélices* dans les navires n'a rien de déterminé. Ce qu'il importe avant tout est qu'elle utilise bien sa puissance motrice. Ordinairement on l'installe dans un cadre ménagé dans les formes arrières de la coque en avant de l'étambot. Un des navires (*la Sole*) qu'on a vu à Paris en 1854, et qui devait faire le service mixte de Paris à Bordeaux par la Seine et la mer, avait 2 hélices latérales. Enfin, pour les rivières, il a été construit dans les ateliers de Mazeline et de Cavé des bateaux ayant 2 hélices à l'arrière, de côté et d'autre du gouvernail, quoique imparfaitement immergées, leur pas, croisé pour ainsi dire, fait que le bateau n'a plus de tendance à dévier et qu'il gouverne mieux. Mais de tous ces systèmes, le premier est le plus généralement suivi.

890. *La construction des hélices* se fait sur plans par un tracé géométrique qu'on peut étudier dans le recueil des machines d'Armengaud. Pour l'exécution en grand, on taille le modèle (en plâtre, en terre ou en bois), d'une branche sur laquelle on moule les autres, puis on les assemble horizontalement autour de leur axe, et jusqu'ici, nous devons le dire, on n'est arrivé à copier les plans qu'en tâtonnant. Notre sujet ne nous permet pas d'insister sur le travail de construction des hélices.

Mais il importe de déterminer en quelle matière on doit l'exécuter. A cet égard, l'expérience a consacré en principe que *l'hélice doit toujours être du même métal que le*

*doublage de la carène*, sinon la différence des métaux donne naissance à une action galvanique qui détruit le propulseur aussi bien que la coque avec une incroyable rapidité. Si donc la coque est en fer, que l'hélice, son cadre, son arbre soient pareillement en fer ou en fonte.

Si la coque est en bois doublé de feuilles de cuivre, comme on ne peut songer à faire une hélice en cuivre, rapprochez-vous au moins de ce dernier métal en faisant l'hélice en bronze, ainsi que son cadre, et doublez en cuivre ou en bronze la partie de l'arbre qui peut être atteinte par l'eau de mer.

La fonte ou le bronze des hélices doit être doux, malléable et tenace, afin de ne pas casser dans les chocs.

Les hélices en fer forgé pour les coques en fer sont beaucoup plus légères et plus durables; mais ce sont des pièces de forge très-coûteuses.

Parmi les systèmes de construction d'hélices, nous appelons l'attention sur les deux suivants : M. Dupuy de Lôme et Delacour, ainsi qu'en Angleterre, M. Bursch, installent sur l'axe une grosse sphère en bronze ou fer, dans laquelle des bras, détachés et fabriqués à part, sont clavetés. Si une des ailes est cassée ou tordue on peut la remplacer sans rebuter toute l'hélice. On peut étudier ce système sur la plupart des steamers de la Compagnie des Messageries impériales récemment construits à la Ciotat et à la Seyne.

M. Cavé a soudé les ailes deux à deux autour d'un anneau qu'on a claveté sur l'arbre. On peut de même changer une paire d'ailes avariée, mais ce système ne peut se concilier avec tous les genres d'hélices. Les hélices G et suivantes des figures 26 appartiennent à ce système.

891. *Comparée aux roues à aubes*, l'hélice a ses avan-

tages et inconvénients. Ses avantages sont les suivants :

1° Plongée entièrement dans l'eau et abritée sous la poupe elle est protégée en guerre contre les projectiles d'artillerie ;

2° Elle fonctionne en tout temps d'une manière à peu près constante, tandis que les roues fonctionnent excessivement mal dans les gros temps ;

3° Elle permet d'abaisser les machines au-dessous de la ligne de flottaison (813 et 911) et de les garantir ainsi du boulet en cas de guerre ;

4° C'est un propulseur léger qui débarrasse les flancs du navire de l'encombrement des roues et de leurs tambours ;

5° Elle permet de faire des bâtiments plus larges, par cela même qu'elle supprime les tambours latéraux ;

6° Enfin et surtout, elle s'allie parfaitement avec la voilure ordinaire des navires qui tendent de plus en plus à recevoir ainsi à la fois, sous le nom de navires mixtes, la destination des bâtiments voiliers et des navires à vapeur (856).

892. *Les inconvénients des hélices sont :*

1° De présenter quelques difficultés d'installation ; elles demandent pour être mises en communication avec la machine un arbre long, fort, pesant, coûteux ;

2° Elles sont difficiles à visiter et à réparer, à moins qu'on n'ait ménagé dans la poupe un puits pour les remonter au besoin sur le pont, suivant le système de la corvette *Chaptal* (Voyez n° 937).

3° Elles ne peuvent fonctionner que dans les eaux profondes, à moins de ne les immerger que partiellement (882), et de diminuer ainsi leur effet utile.

4° Elles forcent à donner aux formes-arrières du na-

vire des formes plus fines, qu'il ne conviendrait en diverses circonstances (810 et 887),

5° On avait aussi, dans le principe, trouvé aux hélices deux graves inconvénients qui ont à peu près disparu aujourd'hui :

Elles exigeaient une rotation plus rapide que celle des roues, et dès lors elles forçaient à employer des engrenages pour accélérer le mouvement reçu de la machine, ou à transmettre à l'hélice l'action directe de machines très-rapides par elle-même. Aujourd'hui, il est reconnu que ce dernier système doit être préféré à tous égards, et d'autre part l'expérience a montré qu'on pouvait restreindre le nombre des tours d'hélices à un bien moindre nombre de tours que celui qu'on croyait originairement nécessaire (885 et 886).

On reprochait encore aux hélices de donner moins de vitesse que les roues, du moins en eau calme et particulièrement sur les rivières. Il faut convenir que les hélices ont rarement été employées sur les rivières en service courant avec des conditions où il leur ait pu être permis de lutter de vitesse avec les bateaux rapides munis de roues. On va cependant voir que s'il convient de réserver sur ce point la question, les expériences de M. Cavé ont été très-favorables à l'emploi des hélices, même en eau calme. Quant à la navigation maritime, surtout pour les navires de guerre, ce propulseur est aujourd'hui seul employé dans les bâtiments de nouvelle construction.

893. Il a été fait sur le mérite comparé des hélices et des propulseurs de nombreuses expériences. Les principales sont celles : 1° de *l'Archimède* et des bateaux-poste du Pas-de-Calais, en 1840; 2° des steamers *Rattler* et *Alecto*, en 1843 et 1844; 3° M. Cavé sur la Seine, en

1843; 4° du steamer *Dwarf*, à Wolwich, en 1843; 5° des steamers *Niger* et *Basilic*, en 1849; 6° du steamer *la Minx*, sous différentes hélices, en 1847 et 1848; 7° MM. Moll et Bourgois, sur la corvette *le Pélican*, en 1847. Ces expériences, sauf celles de M. Cavé qui sont inédites, sont relatées dans le Mémoire de M. Bourgois et les *Traité des hélices* de M. Bourne et du capitaine Paris; nous nous contenterons de les résumer ici et de ne relater en détail que celles de M. Cavé.

894. *Expériences* de *l'Archimède.* Ce bâtiment, le premier grand navire qui ait eu une hélice pour propulseur, a été installé par Rennie. Il a concouru avec les bateaux postes de Douvres à Calais, et notamment *Ariel*, *Swallow* et *Widgeon.* Voici d'abord les proportions comparées des quatre navires :

| | ARIEL. | SWALLOW. | WIDGEON. | ARCHIMÈDE. |
|---|---|---|---|---|
| Longueur du bateau. . . . | m. 33 | 44 | 33 | 33 |
| Largeur du bateau. . . . . | 5m,26 | 4,46 | 5,44 | 6,65 |
| Tonnage. . . . . . . . . . | tonn. 154 | 135 | 164 | 2,37 |
| Force en chevaux . . . . . | ch. 60 | 70 | 90 | 80 |
| Section immergée. . . . . | m q. 8,82 | 7,80 | 8,82 | 13,29 |

*Ariel* et *Swallow* ont été constamment battus par l'*Archimède*, qui est arrivé 8 à 10 minutes avant eux. La lutte avec *Widgeon* a présenté de l'incertitude :

1° Avec mer calme et légère brise en arrière, *Widgeon* a gagné 6 minutes sur l'*Archimède;*

2° Avec mer calme et vent faible contraire, *Widgeon* a gagné 10 minutes;

3° En calme plat, l'avance du *Widgeon* s'est réduite à 3 minutes;

4° Avec fraîche brise de côté, les deux navires ayant déployé leurs voiles, l'avantage est resté à l'*Archimède*, qui a gagné 9 minutes.

On a conclu de ces expériences que les roues donnaient plus de vitesse en temps calme, mais que les hélices l'emportaient incontestablement quand la mer est houleuse. L'expérience n° 2, où l'avantage des roues se traduit par une avance de 3 minutes sur un trajet de 3 heures, n'est pas très-concluante. Mais ce qu'il importe de constater, c'est que l'*Archimède*, quoique avec une section résistante et un tonnage bien supérieur à ceux du *Widgeon*, a cependant une moindre pression motrice, s'il est vrai que le nombre ci-dessus soit l'expression du travail réel développé par la vapeur.

Ces expériences sont donc tout à l'avantage des hélices.

895. *Les expériences du Rattler*, steamer anglais à hélice, en 1843 et 1844, ont eu pour but : 1° de comparer sa marche avec celle du steamer à roues *Alecto*; 2° de comparer diverses formes d'hélices.

Voici d'abord les dimensions principales des deux navires dans les expériences :

| | RATTLER. | ALECTO. |
|---|---|---|
| Longueur. | m. 58,30 | 53,30 |
| Largeur. | 10,66 | 10,66 |
| Tonnage. | tonn. 888 | 800 |
| Force motrice en chevaux. | ch. 200 | 200 |
| Section résistante. | m. 26,20 | 26,20 |
| Tirant d'eau. | 4,10 | 4,12 |

Ainsi, sauf une différence peu importante de longueur et tonnage, les deux bâtiments sont identiques. Parmi les neuf expériences que relatent MM. Bourne et Paris, les deux principales ont donné ce qui suit :

| | RATTLER. | ALECTO. |
|---|---|---|
| Avec mer calme et sous l'action de la vapeur seule | nœuds. 9,2 | nœuds. 8,8 |
| Avec voiles déployées | 11,9 | 11,2 |

Les autres expériences ont donné des résultats encore moins décisifs. Elles ont en somme prouvé qu'à circonstances égales, même en eau calme, les hélices étaient plutôt supérieures qu'inférieures aux roues.

On voit dans les traités de ***Bourne***, ***Paris*** et ***Murray*** le développement des expériences comparées sur la marche de diverses hélices. Celle qui a donné les meilleurs résultats, savoir : une vitesse de 10 nœuds passés et un recul de 20,42 p. 100, est une hélice dite en aile de moulin, à deux filets, ayant $3^{m},02$ de diamètre, $0^{m},37$ de longueur, $3^{m},34$ de pas et donnant 110 tours par minute.

Celle qui a donné le plus de recul, savoir : 27 p. 100, est une hélice du même genre, à quatre filets, ayant 3 mètres de diamètre, $0^{m},47$ de long et même pas que la précédente. Elle a procuré au navire un sillage de 9,18 nœuds en donnant elle-même 104 tours.

Celle qui a donné la plus faible vitesse, c'est-à-dire seulement 8,15 nœuds, est une hélice à ailes dite de Woodcroft, dont le pas augmente de $3^{m},34$ à $3^{m},50$, même longueur et diamètre que la précédente. Elle a donné 96 tours par minute, et 23,5 p. 100 de recul.

Les expériences ont commencé avec une hélice ayant $1^m,74$ de long, qui fut graduellement raccourcie, et il s'en est toujours suivi un acroissement de vitesse, jusqu'à ce que cette longueur soit réduite à $0^m,365$. L'ensemble des résultats a fait reconnaître que la plus convenable longueur était égale au sixième du pas.

896. *Les expériences de Murray* sur *le Dwarf*, des steamers *Minx*, *Niger*, du *Basilic*, enfin celles de MM. Bourgois et Moll, sur *le Pélican*, sont relatées avec tous leurs développements dans les ouvrages de Bourne (*Treatise on screw propeller*); Paris (*Traité de l'hélice*); Tredgold (nouvelle édition); Murray (*Elem. treatise on the marine engine*). Ces expériences ont conduit aux mêmes conclusions que celles qui précèdent et vont suivre, savoir : qu'en mer calme et sous l'allure de la vapeur et des voiles combinées, les navires à hélices et à roues ont offert des résultats à peu près égaux; mais à la voile seule et sous toutes les allures en grosse mer, l'avantage est notablement resté aux hélices.

Quant aux meilleures proportions d'hélices dans la pratique, toutes les expériences sont arrivées à peu près aux conclusions relatées aux nos 882 et suivants.

897. *Les expériences de M. Cavé* vont être relatées ici avec leurs développements, car elles n'ont pas encore été publiées. Elles ont été exécutées en 1843 sur la Seine, entre les ponts d'Asnières et de Neuilly, sur une distance exacte de 3178 mètres, avec un bateau à vapeur nommé l'*Oise*, anciennement construit par Dietz, muni de roues à aubes et d'une double machine à haute pression sans condensation de la force de 30 chevaux. Son tirant d'eau n'étant que de $0^m,60$, on a dû, pour immerger les hélices, descendre un cadre à $0^m,40$ en contre-

bas du fond et faire en outre plonger le navire à l'arrière de $0^m,40$, afin d'arriver au tirant d'eau voulu de $1^m,40$.

En raison de la position de la machine dans la coque, on dut aussi établir un système compliqué d'engrenages pour transmettre le mouvement à l'hélice descendue dans le cadre dont il vient d'être parlé. Ce fait est très-important à noter; car cette transmission ne comptait pas moins de 10 roues dentées, 3 arbres et un grand nombre de coussinets de bois absorbant un très-grand travail par le frottement. En outre, la coque ne présentait pas les formes fines à l'arrière, qu'on a depuis reconnu favorable à la marche des bateaux à hélice. Et par conséquent, les conditions dans lesquelles furent essayées les hélices sont loin d'être satisfaisantes, tandis que les roues ont subi leurs essais dans leurs conditions ordinaires; d'où il suit qu'à résultats égaux l'avantage dut être pour les hélices.

Le bateau étant ainsi disposé, on lui a fait parcourir plusieurs voyages avec les roues à aubes qu'il possédait. Celles-ci furent ensuite enlevées, et on appliqua successivement des hélices de diverses formes, avec lesquelles on fit faire au bateau exactement le même trajet.

898. Dans toutes les expériences, on eut soin de maintenir la vapeur, son introduction au cylindre, en un mot les conditions de la machine, aussi uniformes que possible, pour que la vitesse du bateau ne fût influencée que par le propulseur lui-même.

On a tenu compte de l'action du courant sur le bateau de la manière suivante : on a constaté préalablement sa vitesse chaque fois que l'étiage a varié, même de quelques centimètres. Il a été trouvé que cette vitesse pouvait être évaluée par seconde, en nombre rond, à

0$^{m}$,725 pour l'étiage de 1$^{m}$,68 à 2 mètres.
1$^{m}$,00 pour l'étiage de 2$^{m}$,00 à 3 mètres.

Le parcours réel du bateau se compose donc de la distance entre les deux points 3178 mètres, augmenté à la remonte de la vitesse du courant correspondant au temps mis pour franchir l'espace indiqué, et diminué à la descente de cette même vitesse de courant.

Quant à la vitesse du propulseur, on l'a obtenue à l'aide d'un compteur marquant, sans erreur possible, le nombre de tours imprimés par la machine et multipliés d'après le rapport des engrenages.

899. *Les roues à aubes* avaient 3$^{m}$,23 de diamètre entre les centres de pression, soit 10$^{m}$,14 pour la circonférence developpée. Elles portaient 8 pales donnant une surface résistante constante de 1$^{mq}$,25. Elles ont été essayées deux fois, le bateau étant installé comme il a été dit. Elles lui ont imprimé en moyenne une vitesse de 3$^{m}$,617 par seconde; leur recul a varié de 23 à 30 pour 100 environ. Ces conditions, se rapprochant de l'ordinaire, on n'a pas jugé nécessaire de continuer l'essai des roues. On verra ci-après le rang qu'elles occupent dans la série des propulseurs comparés.

900. *Quant aux hélices*, on leur donna d'abord une surface résistante égale à celle des aubes frappantes; on diminua ensuite progressivement cette surface, on varia aussi la vitesse de l'hélice en changeant le rapport des engrenages de la transmission de mouvement, ainsi que le pas et la longueur.

La vitesse a été variée, suivant sept rapports différents, par sept systèmes correspondants d'engrenages donnant le nombre de tours qui suivent :

| NUMÉROS DES ENGRENAGES. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2,822 | 4,127 | 4,644 | 5,332 | 6,000 | 8,254 | 9,478 |
| tours de propulseur pour 1 tour de la machine. | | | | | | |

Voici maintenant la description sommaire des hélices et le résumé des résultats obtenus (voyez fig. 26) :

A. Hélice à 1 filet formant pas de vis complet. Longueur d'axe et de pas, 0m,883; diamètre, 1m,290; aire de projection, 1mq,25. Elle occasionna d'abord de très-fortes secousses au bateau. Il a été reconnu que l'arbre et le coussinet de la vis étaient fortement grippés, ce qu'on a pensé devoir attribuer à ce que le filet, ne faisant pas le tour complet de la vis, il y avait d'un côté une résistance sans contre-poids. L'arbre et le coussinet ayant été garnis d'acier, le propulseur, faisant alors volant, n'a plus produit de secousses.

B. Hélice à 1 filet formant vis pleine et complète aux 3/4 environ. Longueur d'axe, 0m,83; pas, 1m,10; diamètre de l'hélice, 1m,30; aire de projection, 0mq,77. Quatre expériences ont eu lieu avec l'engrenage n° 5. La vitesse en remonte a été assez satisfaisante, celle à la descente offre de l'incertitude. Le recul a été modéré.

C. Hélice à double filet, forme de vis pleine et pas presque complet. Longueur d'axe, 0m,82; pas, 1m,766; diamètre de l'hélice, 1m,30; aire de projection. 1mq,136. Huit expériences ont eu lieu avec les engrenages nos 4 et 5. Elles ont donné à peu près, comme l'hélice B, une vitesse assez bonne à la remonte, faible à la descente, et un recul de 40 à 50 pour 100 en nombre rond.

D. Hélice à 3 filets ou palettes hélicoïdales formant le plein, montées sur le même axe. Longueur de l'axe, 0m,83; pas (les 3/4 environ existant), 2m,19; diamètre de l'hélice, 1m,30, aire de projection, 1mq,327. Les ailes se sont d'abord déformées; réparées et faites ensuite en plus forte tôle, elles ont été essayées dix fois avec les engrenages nos 3 et 4. Elle a donné beaucoup plus de vitesse que les précédentes, surtout à la descente, mais un recul assez fort.

E. Hélice à 4 filets ou palettes à projection triangulaire assemblées sur le même axe (les bases de ces triangles alternant avec les sommets); même dimension que la précédente. Elle a été essayée quatre fois avec l'engrenage n° 2. Elle a donné une médiocre vitesse, surtout à la descente, et près de 50 p. 100 de recul; l'eau ne paraissait pas bien se dégager.

E *bis*. La même que la précédente a été employée en réduisant de moitié environ la force de la machine, toutes choses restant égales d'ailleurs. Le recul a diminué à la remonte, mais la vitesse a aussi diminué.

E *ter*. Même hélice que la précédente, à laquelle on a rendu la force ordinaire de la machine, mais qu'on a privé de 2 des palettes, ce qui a réduit à $0^{mq}.66$ la surface projetée. Elle a été essayée quatre fois avec les engrenages n$^{os}$ 2 et 3. La vitesse a été un peu moindre seulement qu'avec les 4 palettes, quoique la pression de la vapeur ait été un peu moins élevée. Aucune des hélices expérimentées n'a donné autant de recul.

F. Hélice à 2 filets évidés, ou plutôt 2 palettes hélicoïdales, dites ailes de moulin. Fraction d'un pas de $1^m,76$; diamètre, $1^m,25$; aire de projection ($0^{mq},49$). Cette hélice n'a subi qu'un double essai avec l'engrenage n° 5. Elle a été trouvée une des meilleures pour la vitesse, surtout en remonte, et la réduction de recul à 33 p. 100.

G. Hélice à 2 ailes, ne différant de la précédente que par son moindre pas, qui est réduit à $1^m,25$; elle a subi 16 essais avec les engrenages n$^{os}$ 5, 6 et 7. Avec celui-ci, la vitesse a été moindre qu'avec les n$^{os}$ 5 et 6. Mais en somme elle occupe un très-bon rang, surtout par la réduction du recul, qui est en moyenne de 25 p. 100.

H. Hélice à 2 ailes, ne différant des deux précédentes que par son pas de $1^m,42$, intermédiaire entre les deux précédentes. Quatre expériences ont eu lieu avec les engrenages n$^{os}$ 5 et 6; elle est avant les hélices F et G pour la vitesse, soit en remonte, soit à la descente, mais après elle pour le recul. La même hélice a été essayée avec 4 ailes en croix offrant $1^{mq},02$ de surface projetée. La vitesse du bateau n'a pas sensiblement changé.

I. Hélice à 2 ailes, ne différant des précédentes que par son pas allongé jusqu'à $2^m,19$ et une surface projetée réduite à $0^{mq},36$. Il n'a été fait qu'une double expérience avec l'engrenage n° 4. Elle vient après les trois précédentes, quoique dans un bon rang, pour la vitesse comme pour la réduction de recul.

J. Hélice à 2 ailes, de même genre que les quatre précédentes, sauf le pas qui est allongé à $2^m,56$. Elle a subi quatre essais avec l'engrenage n° 3. Elle vient après les quatre autres, qu'elle suit de loin, surtout pour le recul. Elle a, de même que les hélices E et H, été essayée avec 4 ailes sans influence sensible pour le sillage du navire.

K. Hélice à 4 ailes, du même genre que les 5 précédentes, mais avec un très-long pas, porté à $5^m.12$. Un seul double essai a eu lieu avec l'engrenage n° 1; c'est une des plus mauvaises par le résultat.

L. Hélice D, entourée d'un tambour retenant l'eau à la circonférence. Très-mauvais résultat; beaucoup de recul, peu de vitesse.

M. Hélice d'un système particulier, en forme de queue de poisson. Elle a donné d'excellents résultats. Diamètre 1,30; surface projetée des 2 bras $0^{mq},92$.

**901.** Ces divers résultats sont consignés en détail dans le tableau suivant.

## *Tableau des expériences de M. Cavé avec le bateau l'Oise sur la Seine en 1843.*

| PROPULSEURS. | NUMÉROS de l'expérience | DIRECTION. | PRESSION moyenne de la vapeur. | RAPPORT des engrenages. | TEMPS pour parcourir les 3173 mèt. | NOMBRE de tours du propulseur. | ESPACE TOTAL parcouru par le propulseur. | ESPACE TOTAL parcouru par le bateau. | RAPPORT entre ces deux nombres. | RECUL. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | atm. | | | | m. | m. | | |
| Hélice A. . . | 4 | Rem. | 5,9 | 6,00 | 22′ 45″ | 5088 | 4492,70 | 4467,62 | 0,920 | 0,078 |
| | 4 | Desc. | 6,5 | 6,00 | 44 40 | 3228 | 2850,32 | 2568,27 | 0,890 | 0,140 |
| Hélice B. . . | 5 | Rem. | 6,5 | 6,00 | 48 43 | 4536 | 4989,60 | 3992,47 | 0,750 | 0,250 |
| | 5 | id. | 6,2 | 6,00 | 49 42 | 3984 | 4382,40 | 4034,95 | 0,914 | 0,086 |
| | 5 | Desc. | 6,4 | 6,00 | 48 43 | 2478 | 3022,80 | 2336,57 | 0,733 | 0,267 |
| | 5 | id. | 6,6 | 6,00 | 42 57 | 2712 | 2983,20 | 2644,67 | 0,859 | 0,444 |
| Hélice C. . . | 6 | Rem. | 6,4 | 6,00 | 49 37 | 3492 | 5637,07 | 4034,32 | 0,602 | 0,398 |
| | 6 | id. | 6,5 | 6,00 | 49 44 | 3216 | 5679,45 | 4036,40 | 0,593 | 0,407 |
| | 7 | id. | 6,8 | 5,33 | 48 49 | 3226 | 5697,44 | 3996,52 | 0,593 | 0,407 |
| | 7 | id. | 6,7 | 5,33 | 48 52 | 3478 | 5642,34 | 3988,70 | 0,573 | 0,425 |
| | 6 | Desc. | 6,3 | 6,00 | 43 33 | 2148 | 3793,36 | 2588,57 | 0,535 | 0,465 |
| | 6 | id. | 6,2 | 6,00 | 43 34 | 2166 | 3825,45 | 2590,02 | 0,523 | 0,477 |
| | 7 | id. | 6,3 | 5,33 | 43 24 | 2165 | 3823,39 | 2597,27 | 0,528 | 0,472 |
| | 7 | id. | 6,4 | 5,33 | 43 32 | 2170 | 3832,22 | 2589,30 | 0,520 | 0,480 |
| Hélice D. . . | 8 | Rem. | 7,0 | 5,330 | 48 46 | 2485 | 5442,45 | 3994,35 | 0,638 | 0,362 |
| | 43 | id. | 6,6 | 4,644 | 49 20 | 2664 | 5827,59 | 4019,00 | 0,550 | 0,450 |
| | 45 | id. | 6,8 | 4,644 | 49 32 | 2665 | 5836,35 | 4027,70 | 0,551 | 0,449 |
| | 46 | id. | 6,4 | 4,644 | 49 42 | 2661 | 5827,59 | 4043,20 | 0,548 | 0,452 |
| | 48 | id. | 6,7 | 4,644 | 20 44 | 2865 | 6274,35 | 4422,00 | 0,581 | 8,449 |
| | 8 | Desc. | 6,8 | 5,330 | 42 52 | 4669 | 3655,44 | 2618,30 | 0,604 | 0,396 |
| | 43 | id. | 6,6 | 4,644 | 43 28 | 4867 | 4088,73 | 2592,20 | 0,423 | 0,577 |
| | 43 | id. | 6,7 | 4,644 | 43 42 | 4839 | 4027,44 | 2582,05 | 0,439 | 0,561 |
| | 46 | id. | 6,9 | 4,644 | 43 30 | 4909 | 4180,74 | 2590,75 | 0,386 | 0,644 |
| | 48 | id. | 6,9 | 4,644 | 44 50 | 4672 | 3664,68 | 2468,00 | 0,516 | 0,484 |
| Hélice E. . . | 44 | Rem. | 6,6 | 4,427 | 48 48 | 2208 | 5652,00 | 3995,80 | 0,585 | 0,445 |
| | 44 | id. | 6,8 | 4,427 | 48 55 | 2246 | 5672,96 | 4000,87 | 0,582 | 0,418 |
| | 44 | Desc. | 6,8 | 4,427 | 43 42 | 4584 | 4047,36 | 2582,05 | 0,428 | 0,572 |
| | 44 | id. | 6,8 | 4,427 | 43 43 | 4585 | 4057,60 | 2584,82 | 0,582 | 0,448 |
| Hélice E *bis*, en réduisant de moitié la force motrice. . . . | 44 | Rem. | 6,5 | 4,427 | 22 54 | 2479 | 5778,24 | 4174,17 | 0,668 | 0,337 |
| | 44 | Desc. | 6,3 | 4,427 | 46 29 | 4482 | 3793,92 | 2460,97 | 0,458 | 0,542 |
| Hélice E *ter*, la même que l'hélice E, à laquelle deux ailes ont été ôtées . . | 45 | Rem. | 6,7 | 4,427 | 48 45 | 2443 | 6254,08 | 3993,62 | 0,434 | 0,566 |
| | 47 | id. | 7,0 | 4,64 | 24 34 | 3425 | 8000,00 | 4469,00 | 0,240 | 0,790 |
| | 45 | Desc. | 6,7 | 4,427 | 43 49 | 4766 | 4520,96 | 2576,97 | 0,246 | 0,754 |
| | 47 | id. | 7,0 | 4,644 | 43 04 | 4825 | 4672,00 | 2397,00 | 0,051 | 0,949 |

| PROPULSEURS. | NUMÉROS des expériences. | DIRECTION. | PRESSION moyenne de la vapeur. | RAPPORT des engrenages. | TEMPS pour parcourir les 3178 mèt. | NOMBRE de tours du propulseur. | ESPACE TOTAL parcouru par le propulseur. | le bateau. | RAPPORT entre ces deux nombres. | RECUL. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | atm. | | | | m. | m. | | |
| Hélice F. . . | 26 | Rem. | 6,3 | 6,000 | 20′ 19″ | 3564 | 6294,02 | 4397,00 | 0,685 | 0,313 |
| | 26 | Desc. | 6,4 | 6,000 | 12 11 | 2028 | 3581,44 | 2444,00 | 0,643 | 0,357 |
| Hélice G. . . | 11 | Rem. | 6,8 | 6,000 | 19 06 | 4032 | 5040,00 | 4008,85 | 0,743 | 0,257 |
| | 11 | *id.* | 6,8 | 6,000 | 19 20 | 3828 | 4785,00 | 4019,00 | 0,809 | 0,190 |
| | 12 | *id.* | 6,7 | 6,000 | 19 08 | 4044 | 5055,00 | 4010,30 | 0,740 | 0,260 |
| | 19 | *id.* | 7,3 | 9,478 | 21 18 | 4492 | 5615,00 | 4456,00 | 0,740 | 0,260 |
| | 20 | *id.* | 7,2 | 9,478 | 22 50 | 4236 | 5295,00 | 4548,00 | 0,836 | 0,164 |
| | 21 | *id.* | 7,1 | 8,254 | 20 57 | 4515 | 5643,75 | 4435,00 | 0,728 | 0,272 |
| | 23 | *id.* | 6,5 | 8,254 | 20 09 | 4663 | 5828,75 | 4387,00 | 0,671 | 0,329 |
| | 11 | Desc. | 6,7 | 6,000 | 12 06 | 2520 | 3150,00 | 2651,65 | 0,812 | 0,188 |
| | 11 | *id.* | 6,9 | 6,000 | 12 08 | 2538 | 3172,50 | 2650,20 | 0,803 | 0,197 |
| | 12 | *id.* | 6,8 | 6,000 | 12 31 | 2628 | 3285,00 | 2633,52 | 0,733 | 0,247 |
| | 12 | *id.* | 6,7 | 6,000 | 11 20 | 2640 | 3300,00 | 2685,00 | 0,771 | 0,229 |
| | 19 | *id.* | 7,3 | 9,478 | 12 22 | 2388 | 2985,00 | 2436,00 | 0,775 | 0,225 |
| | 20 | *id.* | 7,4 | 9,478 | 13 15 | 2369 | 2961,25 | 2383,00 | 0,757 | 0,243 |
| | 21 | *id.* | 7,3 | 8,254 | 12 13 | 2600 | 3250,00 | 2445,00 | 0,671 | 0,329 |
| | 23 | *id.* | 6,9 | 8,254 | 11 46 | 2707 | 3383,75 | 2472,00 | 0,631 | 0,369 |
| Hélice H. . . | 24 | Rem. | 6,2 | 6,000 | 20 12 | 4068 | 5576,56 | 4390,00 | 0,684 | 0,316 |
| | 25 | *id.* | 7,4 | 8,254 | 20 21 | 4069 | 5777,98 | 4399,00 | 0,687 | 0,313 |
| | 24 | Desc. | 6,5 | 6,000 | 11 48 | 2388 | 3390,96 | 2470,00 | 0,627 | 0,373 |
| | 25 | *id.* | 7,0 | 8,254 | 11 49 | 2360 | 3351,20 | 2469,00 | 0,643 | 0,357 |
| Hélice I. . . | 28 | Rem. | 6,9 | 5,332 | 20 31 | 3430 | 6854,07 | 4412,00 | 0,446 | 0,554 |
| | 28 | Desc. | 6,4 | 5,332 | 12 35 | 1818 | 3981,00 | 2423,00 | 0,357 | 0,643 |
| Hélice J. . . | 30 | Rem. | 6,8 | 4,644 | 21 21 | 2833 | 7252,48 | 4459,00 | 0,374 | 0,626 |
| | 31 | *id.* | 6,6 | 4,644 | 10 20 | 2610 | 6681,60 | 4398,00 | 0,481 | 0,519 |
| | 30 | Desc. | 6,6 | 4,644 | 12 45 | 1681 | 4303,36 | 2413,00 | 0,217 | 0,783 |
| | 31 | *id.* | 6,6 | 4,644 | 22 21 | 1593 | 4077,08 | 2437,00 | 0,327 | 0,673 |
| Hélice K. . . | 32 | Rem. | 6,5 | 2,322 | 28 40 | 2489 | 12743,68 | 4898,00 | 0,380 | 0,620 |
| | 32 | Desc. | 5,8 | 2,322 | 13 53 | 1233 | 6312,96 | 2345,00 | 0,426 | 0,574 |
| Hélice L, la même que D, entouré d'un tambour. n°ˢ 8 et 13. | 29 | Rem. | 6,7 | 5,332 | 23 52 | 3434 | 7520,46 | 4610,00 | 0,369 | 0,631 |
| | 29 | Desc. | 6,8 | 5,332 | 13 21 | 1871 | 4097,49 | 2377,00 | 0,276 | 0,724 |
| Hélice M. . . dite queue de poisson. | 22 | Rem. | 7,4 | 8,254 | 22 16 | 3062 | 5266,64 | 4514,00 | 0,833 | 0,167 |
| | 27 | *id.* | 6,8 | 6,000 | 20 16 | 3036 | 5221,92 | 4394,00 | 0,812 | 0,188 |
| | 22 | Desc. | 7,5 | 8,254 | 12 38 | 1667 | 2867,24 | 2430,00 | 0,815 | 0,185 |
| | 27 | *id.* | 6,5 | 6,000 | 10 56 | 1734 | 2982,48 | 2522,00 | 0,818 | 0,182 |

**902.** Laissant de côté l'expérience de l'hélice A qui présente de l'incertitude, on fera sur l'ensemble des résultats cinq observations.

1° Les hélices ont généralement donné plus de recul et moins de vitesse à la descente qu'à la remonte, sauf les hélices E *bis*, G, A, K et M, sur lesquelles il y a incertitude.

2° Il est remarquable que la progression de vitesse ne soit nullement la progression de recul. Voici, en effet, quel est le rang des hélices, eu égard à la pression de la machine et au rapport des engrenages de la transmission de mouvement.

| RANG DES HÉLICES, | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| suivant la vitesse moyenne imprimée au bateau. | | | suivant le recul. | | |
| | Pression de la vapeur. | Vitesse par seconde. | | Pression de la vapeur. | Recul moyen pour 100. |
| | atm. | m. | | atm. | |
| M. . . . . . . . . | 6,65 | 3,710 | A. . . . . . . . . | 6,20 | 9,4 |
| H. . . . . . . . . | 6,63 | 3,545 | M. . . . . . . . . | 6,65 | 18,1 |
| F. . . . . . . . . | 6,35 | 3,465 | B. . . . . . . . . | 6,42 | 18,6 |
| D. . . . . . . . . | 6,74 | 3,420 | G. . . . . . . . . | 6,96 | 25,2 |
| G. . . . . . . . . | 6,96 | 3,416 | F. . . . . . . . . | 6,35 | 33,5 |
| I. . . . . . . . . | 6,63 | 3,400 | H. . . . . . . . . | 6,63 | 33,9 |
| E. . . . . . . . . | 6,79 | 3,390 | E *bis*. . . . . . | 6,40 | 43,8 |
| C. . . . . . . . . | 6,40 | 3,367 | C. . . . . . . . . | 6,40 | 44,4 |
| B. . . . . . . . . | 6,42 | 3,365 | E. . . . . . . . . | 6,79 | 48,6 |
| J. . . . . . . . . | 6,65 | 3,359 | D. . . . . . . . . | 6,74 | 48,6 |
| E *ter* . . . . . | 6.85 | 3,285 | I. . . . . . . . . | 6,63 | 59,8 |
| E *bis*. . . . . . | 6,40 | 3,250 | K. . . . . . . . . | 6,45 | 64,7 |
| L. . . . . . . . . | 6,75 | 3,090 | J. . . . . . . . . | 6,65 | 65,0 |
| A. . . . . . . . . | 6,20 | 3,045 | L. . . . . . . . . | 6,75 | 67,7 |
| K. . . . . . . . . | 6,45 | 2,765 | E *ter*. . . . . . | 6,85 | 76,4 |

Les roues occuperaient sur ce tableau : dans la première colonne le deuxième rang entre les hélices M et H avec

leur vitesse moyenne de 3,607 par seconde, et le quatrième rang entre les hélices G et F, par leur recul moyen de 30 p. 100.

3° La vitesse ne croît pas non plus en raison du pas. On voit en effet l'hélice à très-long pas K donner moins de vitesse que toutes les autres ; les hélices M, H, F, G ont à leur tour donné plus de vitesse que l'hélice à petit pas B. On a conclu de là dans ces expériences, comme dans les autres (884 et 893), que la meilleure proportion du pas était celle qui se rapprochait du diamètre.

4° La nécessité de donner à l'eau un très-libre dégagement par la circonférence de l'hélice est démontrée par la comparaison des hélices D et L qui sont exactement les mêmes, sauf que la seconde est entourée d'un tambour; celle-ci, quoiqu'avec une pression supérieure, a donné notablement moins de vitesse et plus de recul.

5° La comparaison des hélices E et E *bis* offre ce fait très-remarquable que la force motrice ayant été réduite de moitié environ par la fermeture partielle du régulateur, la vitesse a cependant peu diminué à la remonte et a augmenté à la descente.

6° Enfin, les hélices E, H et J, réduites à moitié de la surface résistante de l'hélice E par l'enlèvement pur et simple de deux des palettes, les pressions étant à la vérité un peu supérieures, ont cependant donné peu de différence dans leur sillage. C'est de l'ensemble de ces expériences que M. Cavé a conclu avec les autres ingénieurs cette règle (883) que la surface projetée des ailes devait être d'environ le tiers du disque entier, afin que l'hélice se dégage de la masse liquide en mouvement, qui l'engorge et qui fait frein contre ses ailes en absorbant une fraction d'un travail moteur.

7° Les hélices à ailes dégagées ont eu, après la *queue de poisson* M, une supériorité marquée sur tous les autres propulseurs.

Pour terminer ce qui regarde les hélices, il reste à parler de leur installation : c'est ce que nous ferons en nous occupant de la machine motrice au n° 936 ci-après.

## SECTION QUATRIÈME.

### MACHINES A VAPEUR EMPLOYÉES A LA PROPULSION DES NAVIRES.

#### § I. — Puissance motrice des machines de navigation.

**903.** La puissance motrice des machines de navigation ne présente, quant au calcul, aucune considération particulière. Étant donné, le travail résistant $T_r = 140$ chevaux du navire en service normal ; connaissant la valeur $y$ du coefficient d'utilisation du propulseur (866 et 887) que nous supposerons en moyenne $y = 0{,}6$, on aura le travail moteur $T_m$ cherché pour la machine qu'on veut construire :

$$T_m = \frac{T_r}{y} = \frac{140}{0{,}6} = 233 \text{ chevaux},$$

et réciproquement connaissant la puissance motrice $T_m = 233$ chevaux d'une machine construite, en évaluant de même à $y = 0{,}6$ l'utilisation probable de cette puissance par le propulseur, on trouvera que le bâtiment à construire ne devra pas offrir un travail résistant supérieur à la quantité :

$$T_r = T_m \times y = 233 \times 0{,}6 = 140 \text{ chevaux}.$$

Tout revient donc à bien installer les appareils, à se

rapprocher autant que possible de la vérité dans l'évaluation du travail, de la section résistante du navire et du propulseur, de la vitesse effective, des résistances accidentelles, etc....., et pour cette évaluation le génie du constructeur n'a d'autre règle que son expérience et sa perspicacité : des formules permettent bien de déterminer une valeur numérique en combinant ensemble des éléments exprimés eux-mêmes en nombre, mais aucun calcul ne peut fournir les éléments qui sont les données de la formule.

904. On voit par les tableaux O et suivants du chap. V, quelle est la force assignée aux bâtiments à vapeur, eu égard à l'ensemble de leurs dimensions.

On remarque d'abord qu'à égalité de conditions la force motrice des bateaux de rivières est infiniment plus considérable. En effet, pour une vitesse moyenne de 5 mètres par seconde, on trouve par mètre carré de section immergée du maître-couple (827).

| | |
|---|---|
| Pour les navires de mer, de. . . . . | 12 à 25 chevaux. |
| Pour les bateaux de rivière, de. . . . | 50 à 60 chevaux. |

En second lieu, si on considère les tableaux, on est frappé de l'énorme différence qui est indiquée entre les forces *nominales* et *réelles* (283); cela tient à deux causes :

1° Les lois de la résistance des navires offrent tant d'incertitude, tant de causes accidentelles peuvent augmenter cette résistance, que les constructeurs jaloux de tenir leurs promesses comptent très-largement toutes les dimensions de la machine ; ils adoptent de faibles coefficients d'utilisation, ils comptent en nombre rond toutes les valeurs que fournissent les calculs, de sorte que si la

machine perd peu de travail dans ses résistances passives, si le propulseur utilise bien la puissance motrice, si le bâtiment possède à un haut degré ses qualités nautiques, la force réelle de la machine peut rendre le double de ce que la prudence permettait d'espérer.

2° Bien définie, une machine de navigation pourrait se nommer un appareil moteur donnant en temps ordinaire 100 chevaux de force, par exemple, avec la possibilité de pouvoir élever cette force au double dans les cas exceptionnels. Cette définition appliquée au bâtiment dont la puissance propulsive est indiquée aux tableaux du chapitre V, prouve que tel bateau, de 300 chevaux, par exemple, a pu trouver dans sa machine, sans trop la forcer, jusqu'à 600 chevaux de travail moteur utilisable au besoin.

3° Divers constructeurs ou ingénieurs de marine ont une manière toute conventionnelle d'estimer la force des bâtiments à vapeur. D'abord ils les comptent à raison de 100 kilogrammètres par cheval, si déjà 75 kilogrammètres donnent une idée exagérée de la force d'un cheval de trait (4). Cette dénomination de cheval, appliquée à la quantité du travail de 100 kilogrammètres, n'est plus qu'une expression de convention très-impropre, faite pour brouiller les idées et qui explique comment on trouve aux machines de bateaux des forces réelles si supérieures aux forces nominales quand on reprend l'unité habituelle et légale des 75 kilogrammètres.

### § II. — Conditions générales de toute machine de navigation.

Quelle que soit la forme du propulseur et le système de la machine qui le fait mouvoir, on doit trouver en eux

quatorze conditions fondamentales ajoutées à celles qui ont été exposées aux n°s 298 et suiv. Quelques-unes de ces nouvelles conditions ne sont même que le développement des premières.

905. Première condition. Il est inutile de dire que la *sécurité* est la condition capitale de toute machine employée dans les navires. Sans aller jusqu'à ces sinistres qui peuvent amener si rapidement la perte *corps et biens* du navire. Les avaries, même sans dangers, survenues dans la machine, peuvent suffire pour ôter au bâtiment tout espoir d'atteindre sa destination et lutter contre une mauvaise mer.

De là tant de précautions prises par les constructeurs expérimentés et l'autorité administrative :

Précautions pour fortifier la coque et prévenir sa déformation à l'endroit de la machine ; défense à ceux qui posent celle-ci de faire dans la coque aucune trouée, d'en supprimer, diminuer, ou surcharger aucune pièce sans l'agrément des ingénieurs du chantier.

Précautions contre les incendies en isolant la chaudière et la machine de la chambre des voyageurs, des magasins où se logent les marchandises et ainsi que des approvisionnements, des combustibles et des graisses. On verra plus loin les dispositions d'emménagements nécessaires dans ce but.

Précautions contre les ruptures de pièces en les fortifiant au delà des limites dont on se contente à terre dans les usines ordinaires, en soignant leur travail et le choix de la matière première. Enfin en approvisionnant largement le navire des pièces de rechange susceptibles d'être emportées sans frais exagérés.

Précautions enfin contre les explosions par une sur-

veillance qui serait abusive à terre, par la qualité choisie et la force des matériaux, par le soin qui devrait toujours présider au travail et à la conduite, par la sévérité des épreuves, enfin par les soins que le constructeur a dû prendre pour empêcher dans la chaudière l'effet de l'inclinaison du navire, lequel peut amener la mise à sec de certaines parties de la surface de chauffe.

On verra ci-après que ce n'est nullement, comme on l'a cru, dans l'emploi exclusif des machines à basse pression qu'on doit chercher la solution du présent problème. Tout ce qu'il faut en ce moment conclure de la gravité des accidents des machines sur les navires, est, nous le répétons, qu'il faut apporter dans leur conduite et leur fabrication des soins qui seraient peut-être superflus dans les usines ou même sur les chemins de fer et n'omettre aucun des indicateurs propres à prévenir les accidents ni aucun des moyens propres à remettre les choses en état loin des ateliers.

Or notre devoir est de le dire : si on compare les locomotives et même les machines d'usines à la plupart des machines de navigation, on est généralement frappé de l'infériorité des dernières au point de vue de la fabrication et de l'installation, soit qu'on n'y attache pas assez d'importance, soit qu'on ne les paye pas suffisamment au constructeur.

906. Deuxième condition. *La force des organes mécaniques et la solidité des assemblages* (300), du moins pour les machines marines, n'a rien de commun avec ce qui suffit à la prudence dans les machines d'usine. La dimension des premiers est souvent double et au delà de celle qui assurerait la résistance à la rupture dans les cas ordinaires. C'est, qu'outre leur travail normal, les ma-

chines marines ont dans les *gros temps* à supporter le contre-coup des vagues, lesquels peuvent engendrer sur le propulseur des pressions de plus de 20000 kilog. par mètre carré de surface (849). La machine doit être en mesure de supporter sans rupture la réaction de ces efforts accidentels.

Dans les machines de bateaux des rivières tranquilles, où le soulèvement des vagues n'est pas à craindre, il n'y a aucune raison de fortifier les organes mécaniques au delà des limites ordinaires, et on les tient même au-dessous des proportions admises pour les machines d'usines, parce qu'on n'a guère de chocs à redouter.

Ceci explique pourquoi il y a tant de différence entre deux machines de même force et semblables, l'une pour la navigation fluviale, l'autre pour la mer; et pourquoi la première, après avoir offert toute sécurité en rivière, est parfois si rapidement hors de service dès qu'elle va en mer par les gros temps. Il faut conclure de là que lorsqu'on demande à un constructeur une machine de navigation, il importe de lui faire connaître le service auquel on la destine, afin qu'il fortifie ses organes ou qu'il les allége en conséquence.

907. Troisième condition. *L'accouplement de plusieurs machines distinctes* sur l'arbre du propulseur nous paraît un point capital dans la navigation maritime, sinon pour la régularité des mouvements (Voyez n° 299), du moins *pour la sécurité*. Il faut, en effet, que s'il survient une avarie dans une des machines (ce qui peut toujours arriver), on puisse continuer à marcher avec l'autre, au moins jusqu'au prochain port. Sans aller jusqu'à prévoir le cas des accidents, il y a celui des nettoyages et réparations de garnitures qu'on devra nécessairement faire de

temps à autre, et il faut que chaque machine puisse être remise en état à loisir sans arrêter le service des autres.

A la vérité, les *bâtiments mixtes* qui peuvent marcher à la voile ont moins besoin de cette mesure; mais elle peut être prise si facilement dans toute machine, qu'on doit la regarder comme une des conditions générales presque toujours exigibles dans la navigation.

Tout bâtiment, même de rivière, dont la réputation peut être compromise par une discontinuation de service due à des avaries dans son moteur, doit de même être pourvu de plusieurs machines distinctes et accouplées. Nous ne voyons guère que les porteurs de marchandises et les remorqueurs qui puissent à la rigueur s'en passer. Quant aux bateaux à voyageurs et aux bateaux postes qui ne peuvent rester en route ni subir de grands retards sans être menacés de graves préjudices, l'emploi des machines multiples leur est évidemment indispensable.

Rappelons que ce qui importe dans ce cas est, que chaque machine ait ses organes au complet, qu'elle puisse être isolée des autres, et que cet isolement se pratique par le simple enlèvement de quelques organes faciles à démonter, tels que les colliers ou coussinets qui retiennent la bielle motrice sur les manivelles et le désembrayage des organes opérant la distribution et la sortie de la vapeur. Il doit en être de même des chaudières, dont il est ordonné que chaque corps puisse être isolé des autres au besoin (Ordonn. royale de 1843, art. 39). Il n'y a pas de manufacture bien organisée où ces mesures ne soient mises en pratique, où on ne puisse continuer le service avec la partie intacte des appareils générateurs ou moteurs; mais elles sont inconnues dans beaucoup de bâtiments où une avarie peu importante à

l'une des trois ou quatre machines conjuguées solidairement sur l'arbre du propulseur a suffi souvent pour annuler le service de tout le moteur, faute d'avoir pu isoler la machine avariée.

908. Quatrième condition. *L'économie de combustible* est, après la sécurité, la plus essentielle de toutes les conditions, non-seulement parce que c'est l'article de dépense quotidienne le plus important, mais parce que le navire est obligé d'emporter avec lui sa provision de combustible au détriment du tonnage utile. Cependant, tandis que beaucoup de machines fixes ne dépensent pas plus de 1 kilog. et demi de combustible par force de cheval effectif, il n'y a presque pas de bateaux qui n'en dépense 3 à 4 kilog. Or, soit seulement 0,5 l'économie obtenue dans un grand navire tel que le *Napoléon*, de 950 chevaux, l'économie qui en résultera est de 345 tonnes par mois, ce qui, à raison de 25 francs par tonne, produit 8600 francs d'économie mensuelle. 345 tonnes sont en outre rendues au chargement utile du navire, ou, ce qui revient au même, la provision du combustible suffira pour un plus long voyage.

On ne doit donc négliger dans les bateaux aucune des précautions connues pour économiser le combustible : larges proportions des générateurs, eau d'alimentation chauffée, chaudières propres et purgées des eaux saturées de sels, chaudières, réservoirs, conduits et cylindres à vapeur protégés contre le refroidissement, utilisation de la vapeur par une large détente, compensation et équilibre des actions perturbatrices qui consomment du travail utile, perte de vapeur prévenue à tout prix, que rien, en un mot, ne soit négligé dans l'établissement et la conduite d'une machine de navigation.

909. Cinquième condition. On n'exige pas des machines de navigation cette parfaite uniformité de mouvement (299) qui doit caractériser celles qui meuvent des métiers délicats dans les manufactures : qu'elles impriment la plus grande vitesse possible aux moindres frais, qu'elles ne donnent pas de secousses à la coque, qu'elles n'y rendent pas le voyage désagréable aux passagers et à l'équipage : voilà tout ce qu'on leur demande au point de vue de la régularité de leur marche.

Mais il importe que celle-ci puisse à volonté être ralentie, accélérée, renversée en arrière et suspendue au premier ordre du capitaine commandant les manœuvres, et par conséquent, il faut que les machines de navigation soient pourvues : 1° d'organes de détente variable et autres pour régler la puissance motrice ; 2° d'organes de renversement de marche, dont le caractère essentiel est d'obéir rapidement à la main du mécanicien. Ajoutons que ces appareils ont, par suite de la grande puissance des machines de navigation, une brutalité de mouvement qui les rend très-dangereux pour le mécanicien, s'ils ne sont pas disposés convenablement.

Dans beaucoup de grandes machines, il faut plusieurs hommes pour changer la marche ; c'est un vice d'installation. Si, par des engrenages, un seul homme ou deux au plus ne peuvent faire la manœuvre, nous ne comprenons pas pourquoi on n'y emploie pas la force d'un piston à vapeur spécial comme on la proposé tant de fois.

910. Sixième condition. *La réduction au minimum du poids et du volume* sont encore deux points essentiels dans la navigation. On admet aujourd'hui que le poids d'un appareil de bateau peut être en moyenne égal à 600 kilogrammes par force de cheval, machine, chaudière, soutes

et propulseur compris : c'est encore beaucoup trop. Les locomotives de chemins de fer, à égalité de force, ne pèsent pas la moitié; il en résulte une immersion de coque beaucoup trop considérable, surtout en rivière, où, pour diminuer le tirant d'eau, on a été forcé d'augmenter démesurément les dimensions des bateaux.

La réduction de volume n'est pas moins essentielle pour conserver à la coque un grand tonnage utile. Il reste donc beaucoup à faire sur ce point dans la navigation. Les locomotives pourraient encore ici être prises pour type.

C'est d'après ce type que M. Gâche (de Nantes), dans les *Paquebots de Paris*, a installé les machines au-dessus des chaudières pour occuper moins de place dans la longueur de la coque. On objecte à ce système que, pour empêcher les déformations de la coque surchargée en un seul point, il faut au contraire s'empresser de répartir le poids de la machine sur la plus grande longueur possible. Cela revient à dire que l'on ne connaît pas encore assez de moyens de consolider la coque sans la compliquer ou l'alourdir par des armatures praticables, et que la science des constructions navales a des études à faire sur ce point. Quant à la réduction au moindre volume que nous posons en principe, elle est évidemment rationnelle; elle doit donc être le but de toutes les tendances.

On conçoit sans doute qu'on dispose la machine en long dans la coque plutôt qu'en large et en hauteur, en se réservant d'utiliser l'espace au-dessus et par côté utilement pour l'*arrimage* du navire. Les conditions de stabilité sont même favorables à ce système ; mais il n'en est pas moins vrai qu'on voit en général des machines et des

chaudières d'une dimension et d'un poids monstrueux, installées dans des navires où l'espace est si précieux, où un seul mètre, rendu au chargement utile, ajoute en fin de compte beaucoup aux bénéfices de l'armateur.

Un des premiers progrès de la navigation à vapeur devra donc être de diminuer de moitié et au delà ces poids et volumes. On a beaucoup gagné sans doute depuis dix ans, et en attendant que de nouvelles sortes de machines et de chaudières permettent un nouveau progrès, nous demanderons qu'on cherche résolûment la solution du problème dans l'emploi des appareils à rotation directe et rapide et à haute pression, en prenant pour type dans une certaine mesure la locomotive et la machine marine de M. Gâche dans les *Paquebots de Paris.*

**911.** En tous cas, la *hauteur maxima* des machines de bateaux ne doit pas dépasser le niveau du pont, même dans les bateaux à roues. Tout au plus dans ceux-ci peut-on faire passer sur le pont l'arbre de couche des roues. En général, on l'a déjà dit, le poids des chaudières et machines doit tendre, autant que possible, à abaisser le centre de gravité du bâtiment. Il faudrait donc leur donner le moins de hauteur possible. Mais il doit être fait une distinction entre les bâtiments de guerre et de commerce.

Dans les *bâtiments de guerre* il faut cacher l'appareil moteur et les chaudières sous la ligne de flottaison (813) afin que les boulets ennemis n'atteignent pas, pour ainsi dire, l'âme du navire. Tel est le résultat qu'on doit obtenir à tout prix avec les machines à hélice où cela est éminemment praticable; mais dans les bâtiments à roues la nécessité de transmettre le mouvement à l'arbre forcé-

ment très-élevé du propulseur rend cette condition inexécutable, du moins pour une partie des organes. C'est un des vices de ce genre de navires pour le combat; on peut toutefois descendre sous la flottaison les chaudières, les cylindres et organes de distribution de vapeur, de manière à ce que l'arbre moteur et les grandes manivelles restent seuls exposés.

C'est donc dans les bâtiments de guerre qu'il est rationnel d'étaler la machine en large et surtout en long au fond de la coque en utilisant le dessus et les côtés pour l'arrimage ou l'armement.

Dans les bâtiments de commerce, la répugnance qu'on éprouve à installer quelque emménagement que ce soit au-dessus de la machine et des chaudières, ainsi que l'absence des dangers qu'on craint dans les bâtiments de guerre, demandent au contraire que, pour ne pas perdre d'espace, on ramène en hauteur toutes les pièces que les conditions de stabilité ne forcent point à laisser en bas, afin de conserver dans la longueur ou sur les côtés le plus d'espace possible au chargement.

**912. Septième condition.** *La stabilité* (303) de la coque à laquelle la machine doit contribuer peut s'entendre comme pour la coque en deux sens :

1° La machine, par l'abaissement de son propre centre de gravité, doit *faire lest* dans le navire et contribuer à le redresser quand des causes accidentelles l'inclineront. (Voyez nos 30 et suiv.) C'est dans ce but qu'on a déjà recommandé de ramener dans l'agencement du mécanisme, les chaudières, cylindres, condenseurs, en un mot les organes d'un grand poids au fond du navire.

2° Par stabilité il faut entendre aussi l'absence de se-

cousses, chocs et vibrations : rien n'est plus désagréable aux passagers ni plus contraire à la conservation de la coque (1), rien ne discrédite plus un navire que les secousses en question.

Elles peuvent provenir de la coque ou de la machine. Il a été parlé des premières au n° 830. Quant aux secousses produites par la machine, elles ont été longuement traitées dans un mémoire spécial, cité au n° 809, et pour les éviter, il suffira de rappeler ici les trois points que voici :

1° Le montage de l'appareil doit être très-régulier sans aucun gauche ni choc.

2° La machine et les propulseurs doivent être assis sur des bases et des bâtis solides, rigides et convenablement reliés à la coque.

3° Les actions perturbatrices que peuvent produire en marche les efforts de la pesanteur, de l'inertie, de la force centrifuge, de la détente de la vapeur, etc., doivent être contre-balancés ; c'est principalement sur ce point que nous sommes obligés de renvoyer au mémoire spécial et aux nos 809 et 303.

913. Huitième condition. *Le silence*, c'est-à-dire l'absence des chocs, ferraillements, sifflement de vapeur, etc., est fort important dans les bateaux et navires à vapeur, du moins quand ils sont affectés au service des voyageurs, et à plus forte raison quand ce sont des batiments de guerre où il importe que l'audition des com-

---

(1) Nous pourrions citer l'exemple d'un bateau de rivière, très-rapide, mais intolérable par ses secousses ; après sa seconde campagne, la plupart des clouures se sont trouvées arrachées et la tôle coupée à une multitude de joints.

mandements ne soit pas gênée par le bruit des machines. Ainsi les clapets, les cames, les tocs, etc., qui se soulèvent et retombent avec bruit, doivent être bannis des appareils de navigation. Il en est de même des cheminées, soupapes, cheminées à jet et tuyaux qui sifflent trop violemment sous l'émission de la vapeur. C'est en partie au bruit que font les machines à haute pression et au peu de précaution pris contre cet inconvénient, qu'il faut attribuer la répugnance des marins contre ce genre de machines.

914. Neuvième condition. *L'absence d'odeur* répandue par l'huile et le suif est une condition à laquelle l'équipage et les passagers tiennent avec raison beaucoup, mais qu'on rencontre dans bien peu de machines de bateau ; ce peut être la faute du mécanicien qui tient malproprement l'appareil ; mais cela peut aussi être dû au défaut d'aérage de la chambre et au peu de soin que le constructeur a pris de fermer par des couvercles hermétiques les réservoirs de lubrification ; alors la vapeur nauséabonde de la graisse vaporisée se répand dans la chambre, et de là sur le pont et dans l'intérieur du bâtiment ; ce sont surtout les réservoirs à suif fondu qui répandent leur odeur, notamment les boîtes à étoupes de tige de piston et de tiroirs ; ce sont donc ceux-là qu'il faut recommander principalement de couvrir et de disposer de manière à ce que la tige en sorte essuyée et non ruisselante de graisse, comme il arrive trop souvent.

915. Dixième condition. *L'absence de fumée et de fuites de vapeur* sur le pont et dans les aménagements est encore une condition souvent mal remplie dans les navires. Il y a des cas où l'absence de fumée doit être

totale, c'est celui de ces bâtiments de guerre spéciaux qui doivent surprendre l'ennemi et l'approcher de près, tels que les chaloupes canonnières. On cherche aujourd'hui à supprimer la fumée sur tous les bâtiments de guerre et sur les navires de commerce qui sont spécialement affectés au service des passagers de première classe.

Quand la marine sera en possession de fumivores d'un système pratique (500), les navires de guerre ne seront plus gênés dans leur correspondance de signaux, ni les passagers de navires de commerce incommodés par les torrents de fumée qui s'échappent actuellement de la cheminée, et ont en outre l'inconvénient de rendre impossible la tenue du pont en bon état de propreté.

Quant à la vapeur, toute fuite sur le pont ou dans l'intérieur de la coque peut être facilement évitée; que les orifices d'évacuation de l'eau de condensation et de l'eau saturée extraite des chaudières, soient donc immergés sous l'eau; que les tuyaux de décharge du *petit cheval* (231) et celui des soupapes de sûreté soient de même immergés à 25 ou 30 centimètres sous l'eau, ou qu'on les fasse déboucher, soit dans la cheminée générale des chaudières, soit dans une cheminée spéciale assez élevée au-dessus du pont pour que les passagers et l'équipage n'en soient pas gênés, et qu'elle soit disposée de manière à ce que l'eau condensée ne retombe pas sur le pont.

Les moyens mis en pratique dans ce but sur les bâtiments bien organisés sont si connus qu'il n'est pas besoin de les décrire, et qu'on peut se borner a demander que leur emploi se généralise.

**916. Onzième condition.** Il importe qu'à l'exemple des

locomotives, tous les organes d'un appareil de navigation soient *solidaires entre eux*, c'est-à-dire assemblés sur un même bâti et sur une même plaque de fondation, de manière à ce que la machine forme un tout complet dont la symétrie ne puisse être troublée par le jeu que prend toujours la coque après quelque temps de service.

Outre cette solidarité des organes entre eux, il faut, surtout pour les navires de mer, que la machine soit solidaire avec la coque, afin qu'elle puisse en suivre toutes les oscillations sans fatiguer son scellement ni disloquer le fond du bateau.

On verra ci-après qu'il existe dans un grand nombre de bateaux deux types d'excellente installation qu'on devrait toujours suivre (933). Bornons-nous à demander ici en général : 1° que le fond du bateau soit revêtu d'une rigide et vaste plaque de fondation, incorporée pour ainsi dire avec la coque, et sur laquelle la machine soit édifiée; 2° que le haut de la machine soit relié aux parois latérales de la coque, afin que la plaque de fondation ne tende pas à s'arracher du fond dans les secousses et oscillations du navire.

917. Douzième condition. *Pour recevoir l'eau des divers* robinets purgeurs et indicateurs de la machine et des chaudières, ayez sous le bec de chaque robinet un entonnoir muni d'un tube; que l'eau reçue s'écoule par ce tube et se rende dans *une rigole commune*, sorte de gouttière en zinc ou en tôle qui existe tout à fait au fond du navire. La pompe dite *de cale*, dont il sera parlé ci-après, enlèvera cette eau hors de la coque avec celle qui s'y introduit par toutes les petites voies d'eau qu'il est impossible de boucher entièrement dans les coques les mieux construites.

918. Treizième condition. Les machines des navires qui vont sur mer, et sur les rivières ou lacs salés, doivent avoir toutes leurs pompes alimentaires, à air, etc., intérieurement *garnies de cuivre ou de bronze*, y compris les cylindres, les tiges et surtout les clapets. Car l'eau salée produit sur la fonte et le fer une action oxydante qui les détruit rapidement; pour la même raison, il importe que les propulseurs et leurs arbres exposés à l'eau de mer soient protégés contre l'oxydation par une triple couche de minium s'ils sont en fonte ou en fer (890).

919. Quatorzième condition. Dans un bâtiment à vapeur, la machine *ne doit pas servir qu'à la propulsion*. Elle peut d'autant mieux être appliquée à toutes les manœuvres du bord, telles que relever les ancres, tendre et plier certaines voiles, mouvoir les cabestans, les grues de déchargement, les ventilateurs aérants les chambres et la cale, les pompes d'épuisement ou à incendie, etc., que toutes ces manœuvres s'opèrent ordinairement quand la machine stoppe (arrête), et que la vapeur accumulée dans la chaudière sans se dépenser est embarrassante et non sans danger. Voyez sur ce sujet le *Mémoire* du capitaine Schuldam déjà cité au n° 805. Ce nouveau service à rendre dans la navigation à vapeur ne demande guère que l'addition d'un treuil ou d'une poulie, soit directement sur l'arbre du propulseur, soit sur un arbre distinct mis en communication avec le premier par un engrenage.

§ III. — Principaux types de machines de bateau.

920. D'après l'exposé des conditions générales qui vient d'être fait, on voit que les machines de navigation tiennent le milieu entre les appareils des manufactures et les locomotives. Aux premières elles devraient emprunter la solidité d'assise et d'installation; elles se rapprochent des secondes par la réduction du poids et du volume. Aujourd'hui les systèmes les plus généralement admis sont à moyenne pression, détente variable, condensation, à 2 ou 4 cylindres conjugués, sans volants et à renversement de marche.

*La nécessité de condenser* la vapeur ne peut faire question dans la navigation; l'eau abonde pour l'opérer à peu de frais, et par conséquent c'est le cas ou jamais de recourir à cette opération si favorable à l'économie du combustible et à l'utilisation de la puissance motrice de la vapeur. Mais le principal avantage de la condensation est qu'elle fournit pour l'alimentation des chaudières une eau déjà chauffée environ à 40 degrés (81) et relativement pure.

Par contre, la condensation exige des appareils compliqués, délicats, encombrants et pesants; leur existence est donc peu rationnelle dans les appareils de navigation, dont on ne saurait trop réduire le poids et le volume. Il suit de là que :

1° La condensation est indispensable en mer et partout où on ne pourrait sans son secours alimenter les chaudières qu'avec de l'eau froide et salée.

2° En rivière et partout où l'on navigue en eau douce, si les conditions d'allégement sont de premier ordre,

nous croyons qu'on pourrait fort bien se passer d'appareils condenseurs, pourvu qu'on ait un moyen de chauffer, sans frais nouveaux, l'eau d'alimentation, par exemple en lui faisant traverser des *tubes réchauffeurs*, suivant le système de M. Farcot, bien connu dans les usines.

3° En tous cas, rien ne devra être négligé pour réduire à leurs moindres dimensions les appareils condenseurs ; la pompe à air à double effet, mue d'un mouvement rapide et munie des silencieux clapets de caoutchouc aujourd'hui usités, sera le système le plus rationnel. On a vu qu'en l'installant de manière à pomper d'un côté l'air et de l'autre côté l'eau, suivant le système de M. Charbonnier (1), on pouvait beaucoup réduire ses dimensions.

4° *Le condenseur à sec* (270) de Hall ou Beslay serait, dans la navigation, le système à préférer s'il était possible de l'entretenir, et il faut faire des vœux pour son perfectionnement.

921. *Les lois et l'emploi pratique de la condensation* ont fait l'objet de longs développements au 1er volume (voyez n° 270 et suiv.). Rappelons seulement ici deux observations :

1° Le point difficile est d'installer le condenseur dans un milieu suffisamment froid ; la température élevée qui règne ordinairement dans la chambre de la machine est éminemment contraire à son effet utile, et rien ne devra être négligé pour l'en préserver.

2° La prise d'eau d'injection se fait sur un des côtés de la coque, le plus bas possible sous la ligne de flottaison, mais jamais sur le fond de la coque, afin qu'elle ne

(1) M. Gache de Nantes a fait à la marine l'application de ce système avec avantage.

soit pas bouchée dans les atterrissements accidentels du navire. L'introduction des corps étrangers est prévenu par une crépine ou un grillage à mailles serrées ; les herbes et coquillages qui s'amassent sur la carène exposant la crépine à être bouchée, il faut alors fermer l'injecteur (272) et faire arriver dans le tube qui le précède la vapeur par un conduit *ad hoc*; sa pression, pourvu qu'elle dépasse suffisamment celle de l'atmosphère, débouche les trous du grillage obstrué. Mais on perd ainsi beaucoup de vapeur, car il s'en consomme d'abord une quantité notable en condensation avant que la pression ne s'établisse dans les conduits ; il importe donc de chercher d'autres moyens et de faciliter la visite de la prise d'eau en question.

922. *L'appareil de changement de marche et de détente* est, on l'a vu (n^os 908 et 909), nécessaire dans les machines de navigation. Parmi les systèmes expliqués aux n^os 340 et 347, celui qu'on adopte aujourd'hui de préférence est le type à coulisse de Stéphenson (260 et 345), à deux excentriques et relevage par une vis sans fin ou un levier ; cet organe ne demande ici aucun développement nouveau.

C'est seulement à l'aide de cet appareil qu'on règle la marche et la vitesse.

*Les volants* ne peuvent entrer dans les navires à cause des poids et dimensions énormes qu'il leur faudrait pour posséder quelque efficacité. Même dans les *machines uniques*, la masse du navire et celle du propulseur suffiraient pour que le piston franchisse ses points morts. A plus forte raison ce résultat est-il obtenu lorsque plusieurs cylindres sont accouplés et conjugués. Les volants ne seraient donc employés qu'en vue de neutraliser les

actions perturbatrices et les variations de travail. A ce point de vue sans doute leur emploi serait utile s'il était praticable, bien que les machines de navigation n'aient pas besoin de cette parfaite régularité qui distingue les machines de manufacture.

923. *La pression de la vapeur* à laquelle il convient de faire fonctionner les machines de navigation divise les ingénieurs. Les machines à basse pression sont plus douces de mouvement; elles demandent moins de perfection dans les joints et garnitures; elles rayonnent dans la chambre moins de chaleur; mais leur défaut capital est d'être démesurément lourdes et volumineuses. Le public leur croit plus de sécurité; mais c'est un préjugé que ne partage plus aucun homme d'expérience, et dont le peu de fondement a été trop souvent démontré pour que nous ayons à insister sur ce point.

En ce moment, la généralité des armateurs et la marine de l'État, en France comme en Angleterre, semblent donner la préférence aux machines à moyenne pression de 4 atmosphères au plus, et à lents et amples mouvements.

Quant aux machines à haute pression, grande détente, condensation et rotation rapide, elles sont recommandées depuis longtemps par des ingénieurs dont l'expérience et le bon esprit méritent la plus haute confiance. (Voyez Leçons de M. Thomas à l'École centrale; rapport de M. Prisse sur la navigation à vapeur en Belgique, Bruxelles, 1843; mémoire de M. Sochet au ministre de la marine, etc.)

Les avantages de ce système sont une très-notable réduction de poids et de volume, et probablement une économie de combustible analogue à celle qu'il a donnée

dans les usines. Les inconvénients qu'on lui a jusqu'ici trouvés sont de donner des secousses (912), de rayonner autour d'elles une grande chaleur, d'exiger plus de perfection dans les assemblages et les joints.

On a vu que chacun de ces inconvénients a son remède connu ; nous ne comprenons donc pas la répugnance qui s'attache encore à l'emploi des machines à haute pression dans la navigation.

924. *Quant à la rapidité de rotation des machines*, elle est limitée par le mouvement à transmettre au propulseur. En principe, le mouvement transmis doit être direct et sans intermédiaire d'engrenages, par la raison que ces organes ne peuvent qu'être très-lourds dans les machines de navigation, aujourd'hui si puissantes.

Mais les machines rapides et directes exigent d'excellents matériaux, un ajustage plus soigné et l'aciérage des frottements pour résister à l'usure et aux secousses. La préférence à donner aux machines rapides est discutée plus au long dans le mémoire cité au n° 809.

En ce moment, on est d'accord pour préférer les machines directes à celles qui transmettent le mouvement par engrenage aux hélices dans le cas des puissants appareils, à cause des dimensions monstrueuses qu'on est conduit à donner aux roues dentées. On adopte au contraire encore fréquemment ce système pour les bâtiments de petite force.

925. *Le type et l'agencement général de la machine* dépend nécessairement du système du propulseur. Pour le touage (858) et les grappins (859), le moteur n'a pas de raison de différer de l'un des deux systèmes qui vont suivre. Les tambours où s'enroulent la touée ont besoin d'un mouvement à peu près aussi rapide que celui des

hélices. Le grappin au contraire reçoit un mouvement de rotation moins accéléré plus comparable à celui des roues à aubes.

Les machines de bateaux à roues et les machines de bateaux à hélice, tels sont donc les deux systèmes fondamentaux dont il nous reste à parler.

Les premiers bateaux à hélice ne différaient, pour la machine, de ceux qui ont des roues pour propulseur, qu'en deux seuls points; elles étaient installées dans la longueur du bateau pour la manœuvre des hélices, et la rotation de ce propulseur était accélérée par un engrenage, tandis que les machines de bateaux à roues étaient et sont encore placées en travers de la coque, conduisant directement avec une vitesse modérée l'arbre de couche sur lequel sont montées les roues.

Aujourd'hui, ces deux classes de machines offrent plusieurs différences essentielles :

1° Les machines pour roues à aubes sont dressées jusqu'en haut du pont afin d'atteindre l'arbre des roues, lequel est nécessairement très-élevé. Les machines pour hélice sont au contraire installées dans le fond du navire avec peu de hauteur, et, autant que possible, sous la flottaison.

2° Pour les roues à aubes, une vitesse modérée de machine suffit. Comme il importe au contraire de transmettre une rotation rapide aux hélices, ou bien, ainsi qu'on l'a vu au n° 924, on les conduit directement par une machine à mouvement rapide, ou bien on accélère par des engrenages le mouvement modéré d'une machine ordinaire.

La description des divers types de machines de navigation nous entraînerait trop loin, et nous ne ferions d'ail-

leurs que répéter ce qui est déjà contenu dans divers ouvrages très-répandus, notamment le *Traité des machines à vapeur*, de Julien et Bataille; le *Dictionnaire de marine*, de Paris et Bonafous; les *Traité des hélices*, de Bourne et de Paris; *le Bulletin de la Société impériale d'encouragement* et le *Recueil industriel* d'Armengaud, etc. Nous n'avons donc qu'à énoncer les types fondamentaux dont les autres ne sont que des variétés, en indiquant au lecteur où il pourra les étudier en détail. Quant aux dimensions comparées des machines et bâtiments, on les trouvera aux tableaux O et suivants du chapitre V, ci-après.

**1° Types pour bateaux à roues (voir tableaux O, Q, S du chapitre V).**

Presque tous les types connus sont décrits dans les ouvrages de Julien et Bataille, d'Armengaud, et le Bulletin de la Société d'encouragement. Voici les principaux :

926. *Machines à balancier.* Il en existe dans la navigation quatre types, que nous désignerons par le nom des auteurs.

1° *Watt* proprement dit, à balanciers latéraux (side lever Engine). Voyez Dictionnaire de marine; Recueil industriel d'Armengaud; Traité de Julien et Bataille, 1re section, pl. 2, 33 et 40; Bulletin de la Société d'encouragement, t. 10, p. 41. Elle se voit dans la plupart des anciens bâtiments de la marine militaire et commerciale, notamment les vieux steamers du Havre et de Marseille, les frégates de 450 chevaux, *Darien*, *Ulloa*, etc., construites en 1843. Si cette machine n'était pas des plus lourdes comme des plus volumineuses, ce serait le plus

parfait des types applicables aux navires à roues par son installation simple, sa visite facile et l'équilibre parfait des organes.

2° *Jackson*, *Fenton* et *Murray*, à balanciers latéraux du deuxième genre ; cette machine ne se trouve guère en France que sur la *Saône ;* elle est remarquable par sa simplicité et sa légèreté.

3° *Gâche* (type des bateaux inexplosibles) ; cette machine, remarquablement légère et peu spacieuse, existe encore dans quelques bateaux sur presque toutes nos rivières. (Voyez *Dictionnaire de la navigation à vapeur*, par Paris, pl. V, n° 1).

4° Le système *américain*, type de Watt, à balancier supérieur (*Traité des machines à vapeur*, de Julien et Bataille, 1re section, page 453 ; et Recueil des bateaux américains). Cette machine, beaucoup trop élevée pour les systèmes de bateaux usités en Europe, est souvent, comme les moteurs des manufactures, à un seul cylindre et munie d'un volant. Toutes les pièces sont allégées par des évidements de matières et des agencements de nervures très-intéressants à étudier.

927. Les *machines à action directe* transmettant le mouvement du piston aux manivelles par des bielles, sans l'intermédiaire de balanciers, ont généralement fait place aux précédentes. Dans ces types extrêmement variés, le cylindre est vertical, horizontal ou incliné.

*Les systèmes à cylindres verticalement fixés* sous l'arbre des roues, sont très-simples quand le mouvement du piston peut être directement transmis par une seule bielle en prolongement de la tige du piston ; mais l'arbre des roues est rarement assez élevé pour qu'on puisse le commander ainsi, à moins de donner une trop faible

course aux pistons. Le mouvement se transmet alors par un ensemble de bielles ramenées sur le côté des cylindres à l'aide de tés et glissières plus ou moins compliqués. Les principaux types de ce genre sont décrits au traité de Julien et Bataille, 1re section, planches générales A et B, et *Dictionnaire de la marine à vapeur*, par Paris et Bonafoux.

En se reportant à ces planches, on remarquera que les machines de Bolton Watt, Scott, Napier, Seeward, Mac Gregor, Miller, Napier et Rennie ont l'inconvénient ou d'être trop élevées, ou d'avoir une trop faible course de piston, ou de transmettre le mouvement par une bielle beaucoup trop courte.

Les machines de Fawcett, Bury, Maudslay et Forester n'ont pas les inconvénients ci-dessus, parce que le pied des bielles motrices est ramené sur le côté des cylindres; mais les deux premières sont très-compliquées, et les autres divisent entre deux cylindres distincts la force motrice. Maudslay évite, il est vrai, ce défaut dans sa machine *à piston annulaire* en faisant rentrer le pied de la bielle motrice dans un fourreau qui occupe le milieu du cylindre moteur.

Le système décrit planche V, figure 10, du *Dictionnaire de la marine*, diffère du précédent en ce qu'au lieu du fourreau cylindrique il existe une tige de piston creuse et elliptique, au fond de laquelle est l'attache de la bielle. Son principal défaut est la difficulté qu'on éprouve pour visiter l'articulation. Toutefois, ce système de tige creuse et elliptique existe avec succès dans les pompes à air des bâtiments français *Chaptal*, *Isly* et *Eylau* de M. Cavé.

928. Les *machines directes horizontales* sont tout à fait

conformes au type des locomotives. Les deux principales variétés sont : 1° la machine, ordinairement à cylindre unique et longue course, du *Creuzot*, dans les bateaux du *Rhône* et du *Danube*, et celle de *Gâche*, dans les *Paquebots de Paris*, où le mécanisme, placé au-dessus des chandières, rend comparativement très-faible l'espace occupé dans la coque par l'appareil moteur.

Les *machines directes inclinées* ne diffèrent des précédentes que par l'installation du cylindre et du mécanisme sur un bâti triangulaire appuyé par sa base sur le fond de la coque, tandis que le type horizontal est dans le plan de l'arbre des roues à la hauteur du pont. Les anciens bateaux et remorqueurs de Pauwels et Raymond sur la Seine, les *Parisiens*, de M. Cochot sur le Rhône et la Saône, sont des exemples de ce type.

929. Les *machines oscillantes* se rapportent principalement à deux types : 1° celui de *Penn*, où le cylindre oscille verticalement sous l'arbre des roues (voyez Traité de Julien et Bataille, 1re sect., planche générale A et 18, Traité des machines à hélice, de Bourne); 2° celui de *Cavé*, dans lequel le mécanisme est incliné sur un bâti triangulaire et à longue course, les cylindres étant tantôt en face, comme dans les remorqueurs du Rhin et le *Neptune*, bateau de la Seine, construit par Normand et Baudu; tantôt côte à côte, comme dans les anciens bateaux de la Seine et du Rhin, les *Dorades* et les *Aigles*.

*La machine atmosphérique de Seeward*, type du *Wonder* et du *Saphir*, est une espèce de machine oscillante dans laquelle trois cylindres, ouverts par le haut, sont fixés verticalement côte à côte dans la largeur du navire, sous l'arbre des roues; celui-ci est directement commandé par les bielles motrices qui s'attachent sur le

piston même. La vapeur y agit à simple effet, c'est-à-dire sous le piston seulement ; la pression atmosphérique la refoule en bas. Cet appareil, l'un des plus simples qui existe, n'avait plus été reproduit depuis plusieurs années. Il paraît reprendre faveur.

2° Types de machines à hélices (voir tableaux P, R, du chapitre V).

930. Tous les systèmes connus sont décrits dans le traité de Bourne, le Dictionnaire de marine de Paris et Bonafoux, le Traité des hélices de Paris. Voici les principaux :

Parmi les *machines oscillantes*, on remarque celle à 4 cylindres couchés, de Watt, et du Creuzot dans le yacht impérial la *Reine-Hortense.*

Les *machines à 2 ou à 4 cylindres fixes* horizontaux forment le système le plus usité et le plus varié ; on remarque les types de :

*Seeward*, à 4 cylindres, système beaucoup trop spacieux, à cause de l'espacement des cylindres.

*Rennie*, à 4 cylindres, sur lequel ont été copiées la plupart des machines des navires à hélice de la marine impériale (en France, type du *Charlemagne*).

*Mazeline*, à 4 cylindres alternant avec les condenseurs et à bielles en retour (type du *Primauguet*).

*Mazeline*, à 2 ou à 4 cylindres opposés fond à fond et à bielles en retour (type de *la Biche* et du *Roland*).

*Holm*, à 2 cylindres accouplés côte à côte, à bielles en retour et à croissant (en France, type de *la Pomone*).

*Cavé*, à 4 cylindres sur une plaque de fondation commune et à bielles en retour latérales (type du *Chaptal*).

*Cavé* (système Rennie, ci-dessus), à 4 cylindres, sur une plaque de fondation commune avec arbre de couche

à manivelles équilibrées (type du vaisseau *l'Eylau* et de la frégate *l'Isly*).

*Le Creuzot*, à 4 cylindres et rappelant dans l'engencement général son type de bateaux de rivière (type du vaisseau *le Saint-Louis*).

*Penn*, trunck-engine ou double machine à fourreau (type de la frégate *l'Arrogant*).

*Dupuy-de-Lôme*, à 2 cylindres accolés, à 4 tiges pour chaque piston et bielles en retour (type du steamer du Levant *le Danube* et du vaisseau *l'Algésiras*).

931. *Les machines à cylindres verticaux et renversés* affectent principalement deux formes, spécialisées comme ci-dessus par le nom des constructeurs :

*Tompson*, *Macnabb*, *Bourdon*, etc. : dans leurs systèmes dits mouvement de locomotive verticalement renversé, 2 ou 3 cylindres sont élevés sur des colonnes ou sur un bâti dont la forme rappelle celui des marteaux-pilons.

*Mazeline* et *Charbonnier* : ce système diffère du précédent en ce que les cylindres, au nombre de deux ou trois, sont moins élevés au-dessus de l'arbre porte-hélice dont les manivelles sont alors commandées par des bielles en retour, reliées au piston par deux tiges.

932. *Les machines à deux cylindres inclinés vis-à-vis* l'un de l'autre offrent deux types :

*Maudslay*, *Rennie*, *Thompson*, etc., fixent les cylindres des deux côtés du condenseur à fond de cale, au-dessous de l'arbre porte-hélice (type du *Bordeaux*).

*Gâche* (de Nantes) et *Sochet* (en France), *Carlsund* (en Suède), *Thompson* et *Stothert* (en Angleterre), renversent le système précédent et élèvent les cylindres inclinés au-dessus de l'arbre porte-hélice.

Voici enfin quelques systèmes particuliers qu'on rencontre assez fréquemment :

La *machine de Watt*, à balancier supérieur, selon le type des usines, type du *City of Glascow*, a été appliquée aux grands navires à hélice par *Whitelaw*, *Napier* et *Todd-Mac-Gregor*.

Ce dernier a adopté un système direct à 4 tiges de piston et bielles en retour (type du *Simla*), dont le modèle a figuré à l'exposition de Paris en 1855.

*Ericson* a employé un système hémi-cylindrique suffisamment décrit dans Bourne.

Le système rotatif de *Bishop* a été adopté par Rennie. Le mémoire cité au n° 809 donne quelques détails sur cette machine.

§ IV. — **Assise et installation des machines dans les coques de navire.**

933. Quand on compare les machines fixes des usines à celles des bateaux, on voit que les premières, pour une force de 20 chevaux, sont assises avec toute la rigidité voulue sur d'énormes massifs de maçonnerie, et qu'une machine de navigation de 200 chevaux ne repose souvent que sur quelques poutres médiocrement consolidées dans une coque qui donne elle-même la plus instable des bases. Beaucoup de bateaux à vapeur sentent vraiment en ce point l'enfance de l'art.

Ce qui rend cette assise très-difficile est la nécessité d'alléger les appareils jusqu'à des limites qui excluent les moyens d'installation employés à terre. Il faut à la fois faire léger et solide, et par conséquent chercher dans les dispositions même de l'appareil la rigidité et la solidarité voulues entre ses organes, ainsi que l'annulation des ac-

tions perturbatrices pouvant engendrer des secousses. C'est ce qui a été dit déjà en diverses parties de cet ouvrage.

Il faut en second lieu que les appareils moteurs et propulseurs n'inclinent pas la coque. Nous verrons toutefois que, dans certains bâtiments affectés au transport des marchandises, on place les appareils à une des extrémités qui, ainsi surchargée, est contrainte de s'immerger; mais le chargement des marchandises lourdes sur l'avant vient ensuite ramener la coque à sa position normale.

Quant aux inclinaisons latérales que la machine pourrait faire prendre à la coque, elles ne peuvent être tolérées. Il faut donc que l'axe, passant par le centre de gravité des machines, chaudières, propulseurs, etc., pris ensemble, soit dans le plan vertical du centre de gravité du navire, et dans l'axe même de ce navire.

Le premier soin du constructeur doit être de déterminer la position exacte de ce centre de gravité des appareils et de l'axe du bâtiment pour les faire coïncider. Cela fait, on asseoit les appareils avec toute la rigidité possible; et pour cette assise, nous devons distinguer les navires à hélice et les bâtiments munis de roues à aubes.

934. *Dans les bâtiments à roues* l'arbre du propulseur est nécessairement très-élevé. Cette élévation dépend du diamètre des roues. En général l'arbre est placé immédiatement au-dessus du pont ou immédiatement au-dessous, avec 7 à 8 centimètres entre-deux cependant, afin que s'il y avait plus tard nécessité d'appliquer une *frette* sur l'arbre menaçant de se rompre, on pût l'y fixer en lui donnant une épaisseur suffisante sans entamer aucune pièce du pont, ce qui n'est jamais permis au mécanicien.

Lorsque l'arbre s'élève au-dessus d'un pont, il faut le couvrir par un double escalier, afin qu'on puisse passer au-dessus sans danger; la circulation sur le pont est alors gênée et sa *ligne* est rompue désagréablement pour la vue; mais l'arbre est plus facile à installer et à visiter. Quant aux autres organes de la machine, on a vu que tantôt on les dresse verticalement dans la coque, exemple la machine de Penn (fig. 21 et 22); tantôt ils sont dans un plan horizontal à la hauteur des roues et du pont, selon le type du Creusot; tantôt enfin ils sont inclinés du pont à la cale comme dans les bateaux à machine oscillante de M. Cavé et les types à action directe de Raymond, Cochot, etc. (928).

935. Quel que soit le système, l'important est que tous les paliers de l'arbre *porte-roues* soient sur une même plate-forme leur servant de base commune, et que cette plate-forme soit rigidement reliée avec la base sur laquelle sont montés les cylindres, condenseurs, etc; et, de même qu'aux n^os 513 et suiv., nous n'avons pas admis qu'on puisse installer aucune partie des machines sur les murs voisins, à cause du tassement inévitable des maçonneries, nous n'admettons pas non plus qu'on puisse appuyer aucune partie de la machine sur la coque directement sans relier son support au reste du bâtis, parce que la coque joue et ne donne pas une base invariable.

Ceci posé, la machine que nous indiquerons comme type d'installation pour les bateaux à roues est celle de M. J. Penn (fig. 21 et 22). Ce qui la caractérise est l'existence de deux plaques, tables ou plates-formes A et B, entre lesquelles est tout l'appareil, et qui sont rigidement entretoisées par des colonnettes en fer forgé,

plus, aux deux bouts, par des tirants en *croix de Saint-André*.

La plate-forme d'en haut s'appuient sur les flancs du bateau et les *maîtres-baux* du pont (827) ; en dehors du navire les extrémités de l'arbre s'appuient sur les consoles F, solidement reliées à la plate-forme A. La plate-forme inférieure B repose sur quatre carlingues C (828), fortifiées transversalement et rendues solidaires par de fortes varangues (829). Ces carlingues se prolongent au delà de la machine et sous la chaudière, de manière à jouer, par rapport au fond de la coque, le rôle de ces armatures à l'aide desquelles on consolide le ciel du foyer des locomotives (180).

L'arbre de couche s'appuyant sur la console F, on est forcé de rentrer les rayons de la roue vers le centre, de sorte que sa section offre la forme de deux triangles opposés par leurs sommets. Dans d'autres bateaux, la roue conserve ses rayons parallèles, l'arbre est prolongé et s'appuie avec son palier sur une longuerine parallèle au flanc de la coque, et appuyée par ses deux extrémités sur deux baux prolongés en dehors ; cette disposition offre trois inconvénients : 1° la prolongation des baux et de l'arbre, l'addition de cette forte longuerine et tous leurs accessoires de consolidation constituent un ensemble lourd et coûteux ; 2° ces pièces jouent et peuvent être dérangées par des chocs ; l'arbre est alors forcé ou au moins dévié de sa position normale ; 3° il est impossible, surtout en mer, de visiter ce palier extérieur.

936. *Pour les navires à hélice*, si la machine est *dressée verticalement* dans le navire, elle ne diffère de la machine à roues que parce qu'elle est placée, non plus transversalement comme dans le cas précédent, mais

parallèlement à la quille. Son installation rappelle alors le type précédent; c'est-à-dire qu'elle est posée sur des carlingues et transversalement reliée aux flancs du navire par une série de baux, sur lesquels sa plate-forme supérieure s'appuie.

Quant à la machine à hélice proprement dite, elle est installée horizontalement à fond de cale, et alors son type d'assise le plus rationnel consiste à incorporer, pour ainsi dire au fond du bâtiment, une plate-forme A (fig. 23 et 25) en fonte, coulée s'il se peut d'une seule pièce, table de fondation prenant la forme du navire, sur laquelle est édifiée toute la machine. Des colonnettes verticales réunissent en outre cette base aux baux du pont ou des ponts supérieurs, à la façon des *épontilles* (829) établies dans le reste du navire, afin de contribuer à la consolidation générale.

937. *L'installation de l'hélice* se fait par deux systèmes différents, qu'on nomme le système à remonte et le système d'affolement.

Quand on se propose de *remonter l'hélice* sur le pont pour la visiter ou pour l'enlever afin de marcher à la voile, on l'installe dans un cadre de même métal, qui la porte, avec son axe, sur deux paliers faisant corps avec le cadre; celui-ci glisse entre deux coulisses ménagées sur l'étambot (828) et son montant parallèle, et l'appareil remonte sur le pont par ces coulisses, après avoir traversé un puits ménagé dans le corps de la poupe (810) du navire.

Le premier puits d'hélice connu jusqu'ici dans l'industrie est celui qui a été installé par M. Cavé sur la corvette *le Chaptal* (Voyez Bulletin de la Société d'encouragement, 1852). Ce système est généralement employé

toutes les fois qu'on adapte aux navires les hélices à deux ailes opposées, suivant le type anglais; le puits peut alors être réduit à des dimensions très-modérées. Mais il acquiert des proportions souvent inacceptables sur les grands navires à hélice en ailes croisées, dont le diamètre égale 6 mètres et au delà.

Dans ce cas, on préfère le *système d'affolement;* c'est-à-dire qu'on laisse l'hélice à sa place dans un cadre fixe, d'où il est sans doute à regretter qu'on ne puisse l'enlever pour la visiter et la réparer en cas d'avaries. Quand on veut marcher à la voile, on se contente d'isoler l'hélice de la machine en débrayant leurs deux arbres dans l'intérieur de la coque, ainsi qu'il sera expliqué ci-après. L'hélice est alors *folle*, c'est-à-dire qu'elle tourne librement en n'opposant à la marche du navire sous voiles qu'une résistance reconnue insignifiante pour la pratique, eu égard à la complication des appareils de remonte.

938. *La transmission du mouvement de la machine à l'hélice* se fait par un arbre horizontal, dont la longueur varie suivant la place que la machine occupe dans la coque. On la rapproche, autant que possible, de l'arrière du navire, et les constructeurs se sont depuis quelques années ingéniés à composer des systèmes de machines qu'on puisse loger dans la partie rétrécie du fond de la coque à l'arrière; de là sont venus ces systèmes *à mouvements renversés* (932) qui, dans leur ensemble, offrent la forme d'un triangle ayant sa base en haut et son sommet en bas. Exemple, la machine de Slother, Gâche et Carlsund qu'on a vue aux expositions universelles de Londres et de Paris.

La place de la machine dans la coque, avec les hé-

lices comme avec les roues, dépend, avant tout, de la convenance des emménagements intérieurs. Dans les bâtiments porteurs de marchandises, on la met avec avantage en arrière, quoiqu'en cette place elle fasse relever le navire de l'avant. Mais le chargement du fret ramène la coque à sa ligne d'eau normale. Dans tout autre navire que ceux affectés uniquement au transport des marchandises, il importe que le bâtiment, même vide, conserve sa position horizontale, et alors les poids des machines, des chaudières, du propulseur, de l'arbre et de leurs accessoires doivent être placés dans la coque, de manière à équilibrer l'action de leur pesanteur.

On verra ci-après que, dans les bâtiments à hélice, les chaudières se placent en avant de la machine, entre la proue et le centre de gravité du bâtiment. La machine, le propulseur et l'arbre de transmission sont en contrepoids vers la poupe, à une distance qui dépend de leur poids même, et que le constructeur du navire est ordinairement chargé de rechercher.

939. *L'arbre de transmission* de la machine à l'hélice ne peut être d'une seule pièce que s'il est très-court. Ordinairement il est divisé au moins en trois parties, savoir : l'arbre de la machine, l'arbre porte-hélice et les arbres intermédiaires.

L'arbre de la machine *c* (fig. 24) est celui qui porte les manivelles motrices et reçoit l'action de la vapeur : c'est l'arbre moteur proprement dit.

L'arbre porte-hélice A est celui qui est opposé à l'arbre de la machine et sur lequel est montée l'hélice. Sa présence dans l'eau de mer exige qu'il soit de même métal que l'hélice et le doublage du navire (890) ; c'est-à-dire

en fer, si la coque est en tôle et l'hélice en fonte ou en fer. Si, au contraire, l'hélice est en bronze, et que le navire soit pareillement doublé en bronze ou en cuivre, il faut que l'arbre porte-hélice en fer forgé soit, lui aussi, recouvert d'un manchon de cuivre dans toute la partie que l'eau de mer peut atteindre.

Sans cette précaution, l'arbre se détruirait en peu de temps par les effets galvaniques résultant du contact des deux métaux différents dans l'eau salée. Pour la navigation en eau douce, au contraire, ces recommandations sont inutiles; l'arbre n'est détruit que par l'oxydation : ce qui oblige à le peindre et repeindre souvent au minium à plusieurs couches.

Suivant la distance entre l'arbre porte-hélice et l'arbre moteur de la machine, il existe un ou plusieurs arbres intermédiaires B, sur lesquels on ne signale aucune particularité.

940. L'arbre a sur son prolongement un ensemble de *pièces accessoires* au nombre de huit, qu'on ne saurait trop recommander à l'attention du mécanicien. Ce sont : le presse-étoupe, les paliers, l'embrayage, le frein, la rotule, la poussée et l'appareil à virer.

*Le presse-étoupe g* (fig. 24) a pour but de faire rentrer à joint étanche l'arbre porte-hélice dans la coque. Son système et sa garniture en chanvre ne diffèrent pas du presse-étoupe ordinaire dont il est parlé au n° 312. La boîte proprement dite du presse-étoupe et le tube en prolongement qui traverse l'arbre doivent être de même métal que l'extérieur de cet arbre et de la coque, afin d'éviter la destruction dont il est parlé aux n°s 890 et 939. Quant au presse-étoupe, il faut que le mécanicien puisse le garnir et le soigner en tout temps : sa

place est donc nécessairement dans l'intérieur et non à l'extérieur de la coque.

941. *Les paliers d* soutiennent les arbres de distance en distance pour les empêcher de fouetter. On a vu au n° 600 de quelles pièces se composait en détail un palier. Mais ce qui spécialise ceux des arbres de bateaux à hélice est que comme la coque peut jouer et les faire dévier, il faut qu'à l'aide de coins ou vis de serrage, on puisse les ramener à leur place, quand, à l'aide des cordeaux, on reconnaît qu'ils n'y sont plus (Voyez n° 521).

Il importe donc que dans l'arrimage et le chargement du navire on ait soin de ne jamais couvrir les paliers, et même de les dégager, pour qu'on puisse en tout temps les visiter. Dans ce but, on couvre quelquefois l'arbre dans tout son prolongement d'une galerie haute au moins de 1 mètre sur $0^m,70$, où le mécanicien se glisse avec une lumière pour se livrer à sa visite.

La sécurité demande qu'à l'extrémité de cette galerie il existe un tuyau de ventilation pour l'aérer, afin qu'on puisse y pénétrer, sans danger d'être incommodé par les odeurs de cambouis et d'eau corrompue. Ces dépôts nauséabonds doivent être enlevés avec soin par le mécanicien; la galerie doit être entretenue en grand état de propreté, et il faut qu'elle débouche librement dans la chambre de la machine, afin qu'on puisse être averti de suite, par les claquements annonçant des avaries, ou l'odeur de graisse brûlée se dégageant des pièces frottantes qui *chauffent*.

942. *Le palier extrême e* qui supporte le bout de l'arbre en dehors du navire peut ne pas être visité comme les autres, à cause de sa présence dans l'eau. Quand l'hélice peut être remontée hors de l'eau dans un cadre mo-

bile et par un puits (937), ces paliers immergés viennent avec elle et on les répare. Quand l'hélice ne peut pas être remontée, on donne au cadre fixe où elle joue une largeur telle qu'on puisse reculer horizontalement l'hélice et faire rentrer son arbre dans l'intérieur du navire de la quantité nécessaire pour faire sortir le bout *conique* de cet arbre hors du palier. Celui-ci peut alors être remonté jusqu'au pont dans une coulisse à *queue d'hironde* et par un petit puits analogue à celui qui existe pour l'hélice elle-même dans le premier cas. Le palier se remonte et revient à sa place à l'aide d'une tige qui fait corps avec lui et qu'on cale par le haut. Ce système est attribué à M. Dupuy-de-Lôme.

943. *L'embrayage f* (fig. 24) sert à isoler de l'arbre de la machine l'hélice quand on veut l'affoler pour marcher à la voile. Si l'hélice est disposée pour être remontée par un puits (937), l'embrayage est en dehors et dans l'eau. Dans le cas contraire, l'embrayage se fait dans l'intérieur du navire, comme l'indique la figure 24, par le système commun à tous les embrayages de transmission de mouvement dans les usines. Le bout de l'arbre porte-hélice est muni d'une couronne dentée fixe; l'arbre de la machine porte la partie mobile dite manchon d'embrayage; elle glisse sur l'arbre de manière à engrener ou quitter les dents de la couronne fixe; une vis ou un levier permet, comme dans les usines, de faire jouer à la main le manchon d'embrayage.

944. *Le frein h et le verrou* ou *loquet* servent à retenir l'hélice immobile quand on veut l'embrayer avec l'arbre de la machine. Le verrou est un toc ou une fourche qui forme arrêt sur une des ailes de l'hélice; le frein se place sur l'arbre porte-hélice dans l'intérieur de la coque, tout

auprès du manchon d'embrayage. Il consiste ordinairement en un volant de fonte fixé sur l'arbre, avec un sabot de bois qui presse sur la jante du volant à l'aide d'un levier, d'un cric ou d'une vis, jusqu'a ce que l'arbre enrayé soit amené au repos. On approche alors le manchon d'embrayage, et si les dents ne se présentent pas pour entrer dans les encoches correspondantes, il suffit de tourner un peu l'arbre de la machine, soit à l'aide d'un levier agissant sur les manivelles, soit à l'aide de l'appareil à virer dont il va être parlé au n° 947.

945. *La rotule i* (fig. 24) est une articulation de l'arbre qui permet à celui-ci de tourner, tout en cédant aux efforts transversaux qui agissent sur lui par l'effet des déformations permanentes ou accidentelles de la coque. Elle consiste en deux pièces : la rotule proprement dite, qui est une sphère terminant l'arbre intermédiaire ou porte-hélice, et une cavité sphérique faisant corps avec l'arbre de la machine. Dans le fond de la sphère creuse il existe une saillie entrant dans la rainure ou mortaise pratiquée au bout de la rotule, qui est alors forcée de tourner par un mouvement facile à concevoir.

Cet appareil peut être supprimé lorsque la machine est très-rapprochée de l'hélice. Lorsque l'arbre a au contraire un grand développement, s'il n'y a pas d'articulation, les coussinets sont exposés à chauffer et l'arbre à être forcé. On emploie alors, comme dans *l'Eylau* (Tableau R du chapitre V) deux rotules au lieu d'une.

946. *L'appareil de poussée* ou *butée* est d'une importance capitale dans un navire à hélice. Celle-ci, en s'appuyant sur la masse liquide, exerce une pression contraire égale, tendant à refouler l'arbre sur lui-même et à désorganiser la machine, si l'on n'avait soin de recevoir

cette poussée sur un appareil spécial. On a imaginé beaucoup d'appareils de poussées : on s'est contenté d'aciérer le bout de l'arbre et de recevoir directement sa butée sur une plaque d'acier. On a employé dans la corvette *le Chaptal* (937) un mécanisme à galets, qu'on ne saurait mieux définir qu'en l'assimilant aux plaques tournantes bien connues dont on fait usage sur les chemins de fer pour changer de voie les wagons et machines.

Le système généralement usité en ce moment est indiqué en *j* (fig. 24) ; il consiste en un simple palier à cannelures, dans lesquelles entrent les cannelures correspondantes pratiquées sur l'arbre. Ces cannelures sont recouvertes de bronze ou d'un alliage analogue, et d'un frottement dur (voyez nos 25 et suiv.).

Il va sans dire que ces pièces frottantes, comme les autres paliers de l'arbre et la rotule, doivent être constamment lubrifiées avec de l'huile, de la graisse ou même de l'eau. La nature du métal *anti-friction* qu'on emploie aujourd'hui pour la poussée permet même d'employer l'eau de mer.

La place naturelle de l'appareil de poussée serait le plus près possible de l'hélice, afin de soulager l'arbre intermédiaire; mais en le rapprochant, au contraire, de la machine, on a plus de facilités pour le soigner.

947. *L'appareil à virer* (fig. 24) sert à faire tourner à bras d'homme la machine, soit pour en placer convenablement l'arbre quand on veut embrayer l'hélice, soit pour changer la position de la machine elle-même quand on veut la régler. Dans les bateaux à roues il suffit pour y parvenir d'aller peser sur les aubes ; dans les usines on agit sur le volant ; sur les chemins de fer on pousse à la pince aux roues de la locomotive. Aucune de ces ma-

nœuvres n'est possible dans les navires à hélice, et c'est pour y suppléer qu'on ajuste sur l'arbre de la machine une roue dentée commandée par un pignon ou une vis sans fin, sur laquelle on agit à bras et qu'on éloigne ensuite quand la machine est en marche, afin que son frottement n'absorbe pas de force motrice.

L'appareil en question ne s'emploie que dans les puissantes machines de 200 chevaux et au delà ; dans les appareils de moindre puissance on peut agir avec des leviers sur les manivelles motrices ou sur un manchon à encoches faisant corps avec l'arbre.

### § V. — Conditions générales et installation des chaudières dans les navires à vapeur.

948. Les conditions générales énumérées aux nos 905 et suivants pour les machines à vapeur dans les navires, s'appliquent aussi à leurs chaudières ; mais elles offrent diverses particularités très-importantes qui vont être passées en revue.

Et d'abord c'est en grande partie aux mauvaises conditions de leur installation qu'il faut imputer la haute consommation des bâtiments à vapeur. Tandis que beaucoup de machines fixes à condensation ne dépensent par cheval que 1k,50 de houille ordinaire, il est très-habituel aux navires à vapeur d'en consommer le double en rivière et près du triple en mer avec des houilles de choix. Cela peut tenir sans doute au mauvais système de l'appareil; mais il est d'expérience que la même chaudière employée à terre dans une usine a donné de meilleurs résultats que lorsqu'elle était enfermée dans l'intérieur d'un bateau. Entre autres expériences on peut citer

celles qui ont eu lieu à Blackwal pour comparer les chaudières marines à galeries (flue-boiler) avec les chaudières du Cornwall, si célèbres par leur économie. La supériorité est restée à ces chaudières marines qui, dans la navigation, vaporisent à peine 6 kilog d'eau par kilogramme de houille, et brûlent jusqu'à 6 kilog. de ce combustible par force de cheval (1).

949. Or, après la sécurité, l'*économie du combustible* obtenue à tout prix est la première condition d'une chaudière dans la navigation. La réduction de son poids et de son volume est très-importante sans doute, mais l'expérience a formulé cette règle générale : qu'il valait mieux proportionner largement l'appareil générateur avec un excédant de poids et de prix accepté une fois pour toutes, en vue d'économiser la dépense, le poids et le volume du combustible dont l'approvisionnement se renouvelle sans cesse. Ainsi, vastes proportions du générateur, voici une première condition à remplir dans les bateaux à vapeur; qu'on augmente la pression, qu'on accélère la machine; mais qu'on développe largement les surfaces de chauffe ou de grille et les réservoirs de vapeur; utiliser autant, que possible, la vapeur créée, voilà le rôle de toute machine à vapeur; mais créer économiquement la vapeur, voilà la première condition de la chaudière.

Les anciens auteurs, dans un but d'allégement, donnaient au contraire à ces parties des proportions beaucoup moindres que celles qu'on suit pour les machines fixes d'usines à terre. On était alors obligé de

(1) Voyez *Traité des machines à vapeur* de MM. Julien et Bataille, t. I, p. 128.

donner au feu une grande activité et de forcer la vaporisation. Les ingénieurs qui ont écrit sur les machines de navigation depuis quelques années sont unanimes pour assigner de vastes proportions de chaudière où le feu est, sinon *lent*, du moins modéré (102).

Deux de ces auteurs, MM. Paris et Bonafoux, ont établi en principe que dans un navire la *génération de vapeur devait être divisée entre deux appareils distincts*, dont chacun fût capable de fournir normalement à lui seul les quatre cinquièmes de la quantité totale de la vapeur demandée par la machine en service courant, afin qu'en le forçant il pût fournir accidentellement toute la quantité de vapeur voulue par la machine. On verra ci-après quelles sont, pour les systèmes principalement usités, les dimensions adoptées ; non-seulement elles ne sont pas exagérées, mais les constructeurs tendent, avec raison, à les dépasser, en cherchant dans le système lui-même l'allégement et la réduction de volume qui doivent concorder avec la puissance vaporisatrice.

950. La production relativement faible des chaudières de bateau est due à deux principales causes qu'il importe de passer en revue, savoir : la mauvaise nature des eaux introduites dans la chaudière et le peu d'oxygène que renferme, sous un volume donné, l'air appelé dans le foyer.

Les *eaux employées* sont souvent chargées de matières salines rendant du tartre dans les chaudières, et dont l'eau elle-même peut être saturée. Dans ce dernier cas son point d'ébullition est retardé, c'est-à-dire qu'il faut plus de calorique pour vaporiser un même volume de cette eau (63). Le tartre engorge la chaudière (74), il couvre la surface de chauffe d'une couche réfractaire que le calorique traverse difficilement (89).

Il suit de là que pour produire économiquement la vapeur dans la marine :

1° Il importe d'empêcher l'eau de se saturer en pratiquant à temps voulu les extractions dont il est parlé aux nos 221 et 1005.

2° Les eaux salines sur lesquelles on navigue ne doivent être introduites dans la chaudière que lorsque celles qui proviennent du condenseur font défaut.

3° Il faut faire des vœux pour que l'industrie soit mise en possession d'appareils distillatoires pouvant, à peu de frais, fournir une grande quantité d'eau pure, d'une manière continue.

4° Rien ne doit être négligé pour rendre le nettoyage et la visite des chaudières faciles; évitez dans son intérieur les dispositions qui peuvent donner lieu à des accumulations de tartre; ménagez-lui dans le fond de la chaudière, loin des parties chauffées, des endroits où il puisse venir s'amasser sans danger; espacez dans l'intérieur de la chaudière les tubes, conduits, tringles de consolidation, etc., qui, étant trop rapprochés, pourraient être soudés pour ainsi dire par des accumulations de tartre.

Les eaux de mer et des lacs salés sont celles qui sont le plus contraires à la vaporisation et à la propreté du générateur, malgré leur limpidité. En rivière, l'eau est chimiquement plus pure, plus exempte de sels, mais chargée de substances limoneuses en suspension qui donnent aussi un tartre abondant; elle ne nécessite pas une désaturation analogue à celle des chaudières marines, mais il faut extraire du bas de la chaudière l'eau vaseuse et rendre les moyens de nettoyage aussi faciles que dans le premier cas.

951. *L'air appelé dans le foyer* pour céder son oxygène

au combustible (95) est pris dans la chambre de la machine, c'est-à-dire dans une véritable étuve où la température dépasse souvent 35 degrés, où il est, par suite, très-dilaté et très-peu riche en oxygène sous un volume donné. Cet air, pris dans l'intérieur du bateau, est en même temps très-impur et chargé de gaz acide carbonique ou autres impropres à la combustion; il en passe une grande quantité sans profit dans le foyer, les galeries et la cheminée, en absorbant du calorique.

Il résulte de là que, pour la production économique de la vapeur, il faudrait :

1° Chercher à prendre l'air plus pur, plus dense et plus riche en oxygène hors du navire, et, si cela ne se peut, ventiler la chambre de la machine au devant des foyers.

2° Soumettre le combustible à l'action de l'air, sous une faible épaisseur et une vaste grille avec un tirage modéré, suffisant toutefois pour appeler la flamme et les gaz chauds jusqu'au bout des galeries entourant la surface de chauffe de la chaudière.

952. *Comme choix de système*, pour éviter les dangers d'incendie, on a toujours donné dans la marine la préférence aux chaudières entièrement construites en tôle, avec foyers intérieurs, composant un appareil solide, exempt de chances de démolition dans les chocs accidentels. Tout au plus tolère-t-on dans les bateaux de rivières tranquilles les générateurs à fourneaux de maçonnerie qui peuvent se démolir et répandre dans la chambre le combustible embrasé.

Les bâtiments à vapeur peuvent s'incliner, même sur les rivières, pendant un temps plus ou moins prolongé; il arrive alors que : 1° la surface de chauffe peut

être découverte, mise à sec, recevoir un coup de feu et amener une explosion (566), lorsque le bateau se redressera et ramènera l'eau sur la partie surchauffée; il y en a beaucoup d'exemples; 2° l'eau peut être lancée par la prise de vapeur dans les conduits et même dans la machine; 3° sans supposer cet entraînement d'eau, la vapeur est au moins très-aqueuse, et c'est encore une des fréquentes conditions mauvaises qui rendent les machines de bateaux inférieures sous le rapport économique.

Il suit de là que dans toute chaudière de navigation :

1° La nappe d'eau doit être très-élevée au-dessus de la surface de chauffe, afin que celle-ci reste couverte dans les inclinaisons, et qu'au moyen de cloisons intérieures, s'il le faut, on prévienne les dénivellations dangereuses.

2° Il faut qu'un vaste réservoir soit ménagé pour l'accumulation de la vapeur, et que celle-ci puisse s'y *sécher* avant de se rendre à la machine.

3° La prise de vapeur (203) doit être très-élevée audessus de l'eau et installée de manière à ce que celle-ci ne puisse l'atteindre dans les plus grandes inclinaisons du navire.

Ces mêmes inclinaisons demandent que, pour empêcher le combustible de se projeter soit contre la porte du foyer, soit dans les galeries intérieures de la chaudière, on dispose la grille en pente de 10 à 15 pour 100, de la porte de chargement au fond du foyer, et que dans ce fond il y ait un autel suffisamment élevé qui retienne le combustible et ne laisse passer que la flamme.

953. En résumé, d'après les conditions qui viennent

d'être exposées, on voit que les systèmes de chaudières applicables à la navigation sont ceux :

1° Qui réunissent les plus vastes proportions aux moindres poids et volumes.

2° Qui sont les moins susceptibles d'être engorgés de tartre et qu'on peut en tout temps visiter et nettoyer à fond.

3° Dont les foyers sont intérieurs, susceptibles de supporter les chocs, secousses et oscillations du navire, sans être menacés de se démolir.

4° Qui ont leur prise de vapeur élevée, leur réservoir disposé pour fournir une vapeur sèche et dans laquelle la nappe d'eau ne menace pas de découvrir la surface de chauffe par les inclinaisons du bâtiment.

Toute chaudière qui ne réunit pas les trois dernières conditions précédentes est dangereuse dans la navigation, et le meilleur système sera celui qui, à ces trois dernières conditions, joindra les deux premiers au plus haut degré.

On adapte aujourd'hui aux bâtiments à vapeur une grande variété de chaudière qu'on trouve décrite dans les traités de Julien et Bataille, le recueil d'Armengaud, le *Bulletin de la société d'encouragement* et le *Dictionnaire de marine* du capitaine Paris. Outre les chaudières à galeries, les chaudières tubulaires de locomotives ou à retour de flamme, on poursuit en ce moment les essais du système en serpentin de M. Belleville (voyez n° 200). La légèreté relative, le peu de volume et la rapidité de vaporisation rendent cet appareil éminemment précieux dans la navigation, et on ne saurait faire trop de vœux pour la continuation des essais et des recherches tendant à le perfectionner pour en obtenir les ressources industrielles que

promet évidemment pour l'avenir tout système rationnel dans son but et son principe.

954. *La chaudière à galerie*, dite en anglais *flue-boiler* (176), a été longtemps d'un emploi exclusif; car, pour les basses pressions du moins, elle réunit toutes les conditions voulues, sauf la réduction du poids et du volume; ses surfaces, généralement planes, n'ont pas encore été jusqu'ici assez consolidées pour être appliquées à des pressions de plus de deux atmosphères; quant aux proportions pour les machines à basse pression, les voici telles qu'elles ont été relevées par M. Campaignac sur divers navires maritimes. Nous les donnerons seulement pour trois forces très-différentes.

*Proportion par force de cheval des chaudières à galerie* (flue-boiler).

| FORCE DE LA MACHINE en chevaux.. | 50 | 160 | 450 |
|---|---|---|---|
| CONSTRUCTEURS. | MAUDSLAY. | MILLER. | CAVÉ. |
| | m.c. | | |
| Volume des chaudières. . . . par cheval. | 0,033 | 0,028 | 0,023 |
| Volume des foyers. . . . . . . . *id.* | 0,033 | 0,054 | 0,040 |
| Volume d'eau. . . . . . . . . . *id.* | 0,15 | 0,018 | 0,018 |
| Volume total de vapeur. . . . . *id.* | 0,23 | 0,016 | 0,017 |
| Volume total de chaudière. . . *id.* | 0,61 | 0,059 | 0,035 |
| | m q. | | |
| Surface de foyer. . . . . . . . *id.* | 0,15 | 0,025 | 0,018 |
| Surface des galeries. . . . . . *id.* | 1,44 | 0,087 | 0,075 |
| Surface totale de chauffe. . . . *id.* | 1,26 | 1,014 | 0,093 |
| | déc.q. | | |
| Surface de grille. . . . . . . . *id.* | 5,00 | 5,000 | 4,080 |
| Vide de grille. . . . . . . . . . *id.* | 1,57 | 1,092 | 1,057 |
| Section de cheminée. . . . . . . *id.* | 0,60 | 0,074 | 0,070 |
| | kil. | | |
| Consommation de houille. . . . *id.* | 5,00 | 3,087 | 2,086 |
| Poids des chaudières pleines. . *id.* | de 1100 à 1500 kil. | | |

955. *Les chaudières tubulaires en retour de flamme* (198) sont aujourd'hui d'un emploi général ; suffisamment consolidées dans leurs parties planes, elles s'appliqueraient très-bien aux hautes pressions. Elles ont été essayées sur le steamer *le Vautour* en 1834, par M. Gingembre, ingénieur des ateliers de la marine, à Indret ; mais elles se sont obstruées de sels, le système d'extraction, aujourd'hui pratiqué, des eaux saturées n'étant pas encore employé. Avec ce procédé, les chaudières tubulaires ont été de nouveau essayées par Penn, dans la navigation, en 1838, et vers 1842 leur emploi s'est généralisé dans la marine.

Pour ce genre de chaudières, dans la navigation maritime, M. Sochet (mémoire au ministre en 1845) a résumé ainsi qu'il suit leurs meilleures proportions.

*Proportion par force de cheval des chaudières tubulaires en retour de flamme.*

| | |
|---|---|
| Diamètre intérieur des tubes. . . . . . . . . . | 0m,076 |
| Longueur intérieure des tubes. . . . . . . . . | 2 à 2m,30 |
| Surface de chauffe totale par force de cheval. . | 1mq,20 |
| dont pour les tubes. . . . . . . . . . . | 1 mq. |
| et pour le foyer. . . . . . . . . . . . | 0mq,20 |
| Surface de grille par cheval. . . . . . . . . . | 5 déc. q. |
| Réservoir ou chambre de vapeur, par cheval, au moins. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 50 litres. |
| Hauteur d'eau au-dessus des tubes chauffés. . | 0m,30 |
| Poids en marche par force de cheval. . . . . | 400 kil. |

956. *Les chaudières de locomotives* (178) sont employées dans les bateaux où la légèreté est la condition capitale. La plupart des bateaux de la Saône et du Rhône, et les canonnières anglaises et françaises, en sont pourvues. Une chaudière de locomotives ayant 100 mètres

carrés de surface de chauffe ne pèse pas au delà de 10000 kilog. en marche; avec un bon tirage elle suffit pour 190 à 200 chevaux, et pèse, par conséquent, 50 kilog. par cheval; mais elle prend beaucoup de place dans la longueur de la coque (au moins 5 mètres), et elle nécessite un tirage forcé par un jet de vapeur dont le sifflement est une violation de la condition générale du n° 913. En outre, le peu de place qui est réservée au-dessus de l'eau fait que la vapeur est beaucoup trop humide s'il ne lui est pas ménagé un réservoir spécial, et si la prise de vapeur n'est pas en haut d'un dôme très-élevé, surtout en mer.

On s'est rarement jusqu'ici décidé à employer la chaudière en question telle qu'elle existe sur les locomotives. On a augmenté le diamètre des tubes, on les a allongés, on les a écartés, on a changé la forme du foyer, et on a souvent perdu presque tout le mérite de légèreté et faible volume qui fait toute la valeur du système. Nous n'y voulons, quant à nous, que les cinq modifications suivantes pour la mer :

1° Tubes portés à 6 centimètres intérieurement, avec une longueur de 3 à 4 mètres, afin d'utiliser le calorique sans exiger un trop violent tirage.

2° Espacement de 2 centimètres entre chaque tube pour prévenir l'accumulation de tartre.

3° Disposition des tubes en quarré et non en quinconce (fig. 1, pl. 3, du 1er volume), afin de rendre le nettoyage plus facile.

4° Profondeur du foyer réduite à 3 ou 4 décimètres sous le dernier rang de tubes.

5° Inclinaison de la grille selon ce qui est dit au n° 952.

Les chaudières à haute pression, placées à peu près dans ces conditions, avec tirage forcé par un jet de vapeur continu (208), ont à peu près $0^{mq},5$ à $0^{mq},6$ par force de cheval (voyez tableau S du chapitre V); pour les détails de construction de ces chaudières, voyez nos 135 et suivants.

957. Les chaudières de bateau ont été fabriquées autrefois en fonte coulée. Celle-ci est lourde, à cause de sa grande épaisseur; elles consomment beaucoup de combustible; les fuites y sont à peu près irrémédiables, et elles sont maintenant interdites dans la navigation. En attendant qu'on emploie les tôles d'acier promises par divers maîtres de forges, lesquelles permettraient d'alléger d'un tiers environ les chaudières, celles ci se font en tôle de fer ou en cuivre.

*Les chaudières de cuivre* offrent, à égalité d'épaisseur, beaucoup moins de solidité, et elles sont par conséquent plus épaisses et plus lourdes; les gaz sulfureux dégagés des combustibles qui contiennent de la pyrite les attaquent fortement; mais quand elles ne subissent pas d'accidents, qu'elles sont bien faites et en bon cuivre exempt d'arsenic, leur durée est presque illimitée. Dans la marine elles peuvent durer 20 ans, et par conséquent leur énorme prix de premier établissement est compensé d'autant mieux que le vieux cuivre se revend avec avantage. En France les chaudières de cuivre ont donné lieu à beaucoup d'accidents; mais en Angleterre elles sont généralement adoptées par la compagnie des Indes.

*Les chaudières de tôle* sont les plus solides, les moins lourdes, les moins coûteuses de premier établissement, mais elles ne durent guère que 5 à 6 ans en mer, et à

peu près le double en rivière. On voit, aux nos 135 et suivants, comment elles doivent être fabriquées.

Quant aux épaisseurs prescrites et aux épreuves, elles sont les mêmes que celles dont il est parlé aux nos 135 et 334; mais la tolérance de l'épreuve à pression double (334) pour la chaudière tubulaire n'existe pas pour les bateaux. Leurs générateurs, quels qu'ils soient, doivent toujours être essayés à pression triple, sauf dans ceux à basse pression, qui ne sont pas essayés du tout quand les garanties de solidité se joignent à l'épaisseur réglementaire des tôles.

958. *L'installation des chaudières* dans un navire offre un difficile problème; il faut d'abord qu'elles puissent entrer dans la coque et en sortir pour faire place à d'autres, sans qu'on soit obligé de la démolir, de manière à compromettre sa solidité. Le constructeur des chaudières et machines, ayant donc arrêté ses plans, devra les communiquer au constructeur de la coque (806), afin que celui-ci pratique dans les ponts les ouvertures suffisantes, et que, dans le cas d'impossibilité, il puisse avertir qu'il faut modifier les chaudières. Quand, au contraire, il s'agit d'installer des chaudières dans un navire construit, le premier soin sera de les proportionner aux ouvertures qui existent.

Il a déjà été dit que les chaudières de bateaux à vapeur devaient, dès qu'elles ont un service prolongé et une puissance un peu considérable, avoir au moins deux corps de chaudières distincts, complets et susceptibles d'être isolés l'un de l'autre, en cas de besoin; cette mesure, commandée depuis longtemps par l'expérience, est devenue exigible d'après l'ordonnance royale de 1843.

*Quant à la place* que doivent occuper les chaudières

dans la coque relativement aux machines, il faut que :

1° Celles-ci n'en reçoivent ni poussière ni fumée. La poussière dégagée des cendriers quand on les vide ou du combustible quand on charge les foyers, rôde les articulations et épaissit les huiles; la fumée noircit les pièces polies et rend la propreté de la machine impossible.

2° Il faut que les foyers soient à portée des soutes à combustible pour qu'on puisse les charger en peu de temps sans trop de fatigue. (Voyez n° 507.)

D'après cela, les chaudières sont placées, autant que possible, dans une chambre séparée, par une cloison, de celle de la machine, en avant d'elle ou en arrière, suivant qu'il est nécessaire pour l'équilibre des poids, transversalement ou en long dans la coque, dans une chambre que les soutes à combustible entourent.

939. On distingue trois systèmes pour cet emplacement des chaudières :

1° On met dos à dos, d'un même côté de la machine, les deux groupes que l'ordonnance de 1843 oblige à distinguer; il existe alors devant les deux façades transversales et opposées une chambre large de 2 à 3 mètres pour les chauffeurs; les foyers séparés sont difficiles à conduire avec accord; la surveillance du mécanicien est également difficile.

2° Les deux corps de chaudière sont placés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la machine, les foyers étant alors disposés sur deux façades qui se regardent. Ce système isole, comme le précédent, les chauffeurs, et il exige nécessairement deux cheminées; mais il gêne moins la surveillance du mécanicien *de quart* ou *de faction*, et il permet une égale répartition des poids de

l'appareil. Le service des soutes à combustible est en outre plus commode.

3° Les deux corps de chaudière sont placés en longueur, à la suite de la machine, sur deux lignes avec une allée de 2 à 3 mètres au milieu. Ce système, si commode pour la surveillance, l'accord dans la conduite, le chargement des foyers, la ventilation, etc., ne peut, bien entendu, convenir qu'aux bâtiments ayant une largeur suffisante. (Voyez fig. 23.)

Quand on place les chaudières dans un bateau, le capitaine Paris (*Dictionn. de marine*) voudrait qu'au lieu d'accoter l'un contre l'autre les corps distincts, qu'on a d'ailleurs avantage à multiplier, on eût la précaution de laisser entre eux 40 à 50 centimètres d'intervalle, afin qu'un homme puisse y passer pour faire les mâtages et remplacements de tôles ou rivets qui fuient. Cette précaution, très-sage, aura cependant pour conséquence d'augmenter l'emplacement des chaudières et de nécessiter un système d'entretoisement pour les relier et les rendre solidaires.

960. *La base d'assise* sur laquelle repose la chaudière consiste en une plate-forme très-solide, dans la disposition de laquelle on se propose trois buts :

1° Rendre la coque capable de ne pas se déformer sous la charge des chaudières; 2° isoler les chaudières du fond de cale, afin que leur chaleur ne le menace pas; 3° arrêter les écoulements d'eau qui, provenant des fuites des chaudières, iraient pourrir le fond des coques en bois ou oxyder le fond des coques en fer. Ces écoulements sont très-redoutés dans la pratique, et leur influence sur le générateur lui-même est très-capable d'en accélérer l'usure.

Il suit de là que, pour installer les chaudières, on prolonge d'abord les carlingues portant la machine; on les relie, comme sous celles-ci, par un ensemble de varangues puissantes : voilà pour la consolidation. Pour arrêter les écoulements d'eau, on recouvre les varangues d'une plate-forme en tôles assemblées à joint étanche, fermant toute ouverture, sauf à laisser quelques citernes à couvercles qu'on soulève pour visiter le fond de cale sous les chaudières et qu'on referme ensuite avec soin.

Au lieu d'une couverture en tôle, on fait quelquefois la plate-forme en bois et en mastic ou ciment; on cloue sur le travers des varangues des douves à languettes et rainures épaisses de 6 à 8 centimètres; on calfate et on mastique les jointures comme celles des ponts; on cloue un second plancher transversal sur le premier; on étend dessus, bien également, un lit de ciment ou mastic inaltérable à l'eau; on y pose la chaudière quand il est encore frais; on remplit avec soin les vides tout autour; enfin, on lisse le mastic au devant de la chaudière en lui donnant une pente légère vers une rigole commune pour l'écoulement des eaux (969). Telle est l'installation que décrit le capitaine Paris pour les navires en bois de l'État. (Voyez *Dictionn. de marine*, au mot Chaudière.)

Le mastic que M. Paris indique comme un des meilleurs est ainsi composé :

| | |
|---|---|
| Huile de baleine. . . . . . | en quantités égales. |
| Sang de bœuf ou autre. . | |
| Chaux vive en poudre. | |

Mêlez et broyez jusqu'à consistance convenable et employez de suite, car le durcissement est très-prompt.

Voici une autre recette anglaise :

| | |
|---|---|
| Sable ou faïence pilée. . . . . . Tuf ou tufeau pulvérisé. . . . | 280 kilogram. |
| Litharge. . . . . . . . . . . . . | 20 |
| Verre pilé. . . . . . . . . . . . | 1 |
| Minium. . . . . . . . . . . . . | 0,50 |
| Oxyde de plomb gris. . . . . . | 1 |

Broyez et tamisez ; repandez le mélange sur une plateforme ou dans un mortier; mettez 22 à 23 litres d'huile de lin ou de noix ; mêlez jusqu'à ce que le mélange ait l'aspect de sable mouillé, et employez de suite le mastic avant qu'il durcisse.

On pourrait de même employer le ciment hydraulique. Quant à la terre glaise, son usage est détestable ; elle se fendille, la moindre fuite la délite, et tout ce qu'on obtient, c'est une humidité permanente et très-pernicieuse sous la chaudière.

961. *Les accessoires de chaudières*, énumérés aux n°s 203 et suiv., sont presque tous de première nécessité sur les bateaux ; nous allons les passer en revue.

*La prise de vapeur* et le dôme doivent être élevés, aussi haut que possible, au-dessus de la nappe d'eau (voyez n°s 203 et 953). Chaque chaudière doit avoir son obturateur particulier, outre le régulateur proprement dit, dont la place est, comme sur les machines fixes d'usine, près des cylindres à vapeur. Chacun de ceux-ci a le sien, afin de pouvoir être isolé au besoin (299 et 907).

*Le régulateur de tirage* (202), principalement employé dans les bateaux, est la porte du cendrier; si le tirage de la cheminée est forcé par un jet de vapeur, il faut que le robinet régulateur soit muni d'une tige descendant dans la chambre du mécanicien, à la portée de sa main.

*Les indicateurs de niveau d'eau* usités et requis d'ail-

leurs par l'ordonnance de 1843 sont les tubes-jauges, les robinets-jauges et le flotteur. Chaque chaudière distincte doit posséder la série complète de ses indicateurs. Le flotteur doit pouvoir fonctionner malgré les inclinaisons du navire ; les autres appareils n'offrent aucune particularité. (Voyez n[os] 214 et suiv.)

*Les manomètre, robinet de vidange, bouchon fusible, regard de lavage* et *trou d'homme* n'offrent de même aucune particularité (voyez n[os] 218, 223, 227, 229, 230). Tous ces appareils sont de première nécessité dans les bateaux.

Il reste à entrer dans quelques détails sur les soupapes de sûreté et l'appareil alimentaire ainsi que sur les cheminées d'appel des chaudières.

962. *Les soupapes de sûreté*, au nombre de deux sur chaque chaudière, doivent être mises aux deux extrémités si les chaudières sont longues : c'est le fait des chaudières cylindriques et du type dit des locomotives ou tubulaire direct. Si les chaudières sont courtes, exemple, le type américain ou tubulaire en retour de flamme, on peut mettre les deux soupapes sur le côté du dôme servant de réservoir de vapeur.

Ce qu'il faut en tous cas est qu'il y ait d'abord une de ces soupapes à la portée du mécanicien, afin de donner issue à la vapeur amassée en excès dans la chaudière pendant les temps d'arrêt. A cet effet, le levier de la soupape se soulève à l'aide d'une tige à poignée qui descend dans la chambre de la machine ; elle est filletée *fine* et tourne dans un écrou fixe, afin que le soulèvement du levier de la soupape s'opère successivement par petite quantité, sinon, il en résulterait des contre-coups dangereux dans le générateur.

Il faut en second lieu que la vapeur des soupapes de sûreté se dégage sous une cloche (voyez fig. 4, pl. 1, du premier volume), puis par des conduits qui la font évacuer, notablement au-dessus du pont, dans une cheminée dont le faîte est disposé pour recevoir et rejeter en bas, dans une cuvette, l'eau condensée qui pourrait retomber sur le pont. Les passagers tiennent beaucoup à être préservés de ces émissions de vapeur ou d'eau condensées. (Voyez n° 915.)

963. *L'appareil alimentaire* (210) des bateaux à vapeur consiste d'abord en une ou plusieurs pompes qui refoulent l'eau dans la chaudière après l'avoir aspirée d'abord dans la bâche où se déverse l'eau chaude sortant du condenseur, puis, s'il est nécessaire, au dehors de la coque dans la masse liquide où le navire navigue. Pour cette prise d'eau, on observera les précautions indiquées au n° 970 ci-après.

Les pompes alimentaires sont ordinairement, comme les autres, mues par la machine; elles en font partie : leur tuyau de refoulement vient s'embrancher sur chaque chaudière avec une valve ou robinet sous la main du chauffeur. Ces pompes marchent en même temps que la machine et elles s'arrêtent avec elle.

L'ordonnance de 1843 exige, en outre, sur tout bateau à vapeur, pour alimenter dans les temps d'arrêt, soit une pompe à main, ce qui suffit dans les petits steamers, soit une pompe à vapeur dite *petit cheval* (231). Dans les grands navires de première puissance, il y a même deux appareils de ce genre.

Peut-être vaudrait-il mieux ôter les pompes alimentaires à la machine et les faire toutes mouvoir par une machine auxiliaire installée dans la chambre des chau-

dières, à la disposition des chauffeurs, avec un générateur spécial qu'on puisse chauffer seul au besoin pour remplir les générateurs de l'appareil principal et faire à bord les manœuvres voulues (805 et 919) quand il n'est pas en pression. On a même proposé de confier à cette machine auxiliaire la conduite des pompes à air pour la condensation. C'est une question que nous réservons (voy. le mémoire cité au nº 809) ; mais nous n'hésitons pas à recommander la conduite des pompes alimentaires à la machine auxiliaire : ce qui conduit tout simplement à rendre plus puissant le *petit cheval* (231) actuel et exigé par l'ordonnance de 1843.

964. *Les salinomètres et appareils de dessaturation* dont il est parlé aux nºˢ 220 et suivants, sont de première nécessité dans les bateaux à vapeur naviguant en mer et sur les eaux salées. Pour ceux qui restent en eau douce, il suffit d'avoir au bas des chaudières les robinets de vidange pour donner issue aux eaux boueuses que conduisent hors du navire des tuyaux débouchant au-dessous de la flottaison. (Voyez nº 970.)

Les pompes de dessaturation ou d'extraction (221) sont, comme les pompes alimentaires, mues par la machine principale ou par une machine auxiliaire, ainsi qu'il vient d'être dit au numéro précédent.

Son tuyau de refoulement débouche comme celui des robinets de vidange hors de la coque sous la ligne de flottaison et le plus loin possible de la prise d'eau des pompes alimentaires et de l'injection au condenseur.

965. *Le tirage des cheminées* de bâtiments à vapeur s'opère, ou naturellement en donnant à la cheminée des dimensions suffisantes, ou en forçant le courant par un jet de vapeur : ce second système permet de restreindre

la cheminée à 4 ou 5 mètres de haut sur 50 à 60 centimètres de diamètre pour une force de près de 300 chevaux; mais ces cheminées produisent un sifflement fatigant (163, 208, 913). Les cheminées, opérant naturellement le tirage, atteignent sur les grands navires des dimensions monstrueuses qu'on calculera, du reste, suivant les principes généraux des nos 158 et suivants.

Sur les puissants générateurs des grands navires, on adapte ordinairement deux cheminées, et quand une même cheminée commande plusieurs foyers, on en divise quelquefois l'intérieur en autant de compartiments, muni chacun d'un registre pour régler la marche de chaque foyer. Ces compartiments s'élèvent à 2 ou 3 mètres, et au delà tous les gaz qu'ils débitent se rejoignent en une même colonne dans la partie libre et supérieure de la cheminée.

Sur les plus grands navires, on donne sans inconvénients 12 à 15 mètres de hauteur aux cheminées; on ne va pas au delà de 6 à 7 mètres sur les petits. On a reconnu aussi que la température de 300 degrés était celle qui convenait le mieux à la base de la cheminée : elle donne un bon tirage et ne la brûle pas elle-même.

966. Les cheminées de bateaux à vapeur se fabriquent en tôle de deuxième qualité, dont l'épaisseur décroît de bas en haut (162); mais il importe que les rivures et les raccords soient faits avec soin, afin qu'il n'y ait pas d'entrées d'air. La cheminée, étant exposée à l'air ambiant, généralement froid, brûle très-mal sa fumée, la suie s'y amasse abondamment. Dans le but de la protéger contre le froid extérieur, et aussi, pour l'empêcher de rayonner dans la coque et sur le pont une chaleur intolérable qui même pourrait causer des incendies, on en-

toure la cheminée, depuis sa base jusqu'à 2 mètres environ au-dessus du pont, d'une chemise ou cylindre concentrique laissant tout autour 10 centimètres de vide, dans lequel l'air circule librement.

Le haut de la cheminée est ordinairement décoré d'un chapiteau évasé analogue à celui des cheminées de locomotives ou d'une couronne en tôle découpée. Celle-ci a besoin d'être surveillée; car l'oxydation use ces découpures, et dans leur chute elles peuvent blesser.

Il est certain que la bonne façon de la cheminée contribue, comme sa mâture, beaucoup à l'aspect satisfaisant d'un navire; les constructeurs ne doivent donc pas trop la dédaigner.

Sur quelques rivières, telles que le Rhône, où il faut parfois marcher contre le vent violent du *mistral*, on surmonte la cheminée d'un pavillon tournant muni d'une girouette. Des circonstances locales peuvent légitimer son emploi, mais il est resté jusqu'ici tout à fait exceptionnel.

Quand le navire doit passer sous des ponts, il faut que la cheminée puisse se baisser. C'est une condition qu'on exige maintenant aussi dans la marine militaire. La plupart des systèmes employés dans ce but sont fort mauvais; ils ont en général l'inconvénient de laisser pénétrer dans la cheminée l'air froid au travers des fissures existant autour du *joint* ou *articulation*. Le moins imparfait procédé est encore celui qui consiste à couper en deux la cheminée dont la partie supérieure se rabat, étant attirée en arrière par une chaîne, et ramenée à sa position normale par un contre-poids énergique. La section doit se faire à environ 2 mètres au-dessus du pont, c'est-à-dire un peu plus qu'à hauteur d'homme, pour

qu'on ne soit point incommodé par la fumée qui se répand alors, et que la diminution de tirage ne soit pas trop sensible dans le foyer.

Il reste à indiquer pour l'installation des cheminées à bord des bateaux trois précautions :

1° On est sur mer dans l'usage de leur donner en arrière la légère inclinaison assignée aux mâts.

2° Soutenez la cheminée en tous sens par des câbles, afin qu'elle ne soit pas renversée dans les secousses du navire, et prévenez les conséquences de sa chute en arrière en plaçant sur le pont pour la retenir *une béquille* dressée au moins à 2 mètres de haut. Cet appareil est même exigé par l'ordonnance de 1843.

3° Ménagez à la base de la cheminée ou au niveau du pont un *trou d'homme* (230) ou une porte à fermeture hermétique, par laquelle on puisse entrer, visiter et nettoyer l'intérieur. Ce nettoyage doit être fréquent, car la suie accumulée peut prendre feu et causer des incendies dans la voilure ou dans la coque et brûler la tôle de la cheminée elle-même.

### § VI. — Chambre des machines et chaudières.

**967.** Dans l'aménagement du navire, l'armateur assigne un emplacement consacré à la machine et à ses dépendances, que le constructeur est chargé d'installer et de distribuer, comme il lui convient, pour le service des mécaniciens et de ses aides ; l'ordonnance de 1843 exige que cet emplacement soit, aux deux bouts, séparé du reste du navire par une forte *cloison-étanche* en tôle ou en bois recouvert de feuilles de tôle épaisses de 3 millimètres. Cet emplacement renferme :

La machine et les chaudières,
Les soutes ou magasins de combustible*,
La cabine des mécaniciens,
La chambre des chauffeurs et hommes de peine,
L'atelier de réparation,
Le magasin des matières à lubréfier,
Les coffres à outils ou à pièces de rechange.

Il a déjà été dit que *machine devait être séparée des chaudières* par une cloison formant deux chambres distinctes. La première condition est qu'il règne dans ces chambres une température modérée; la haute chaleur qu'on y éprouve trop souvent est, on l'a vu, nuisible à la machine (951); elle n'est pas moins contraire à la santé des hommes d'équipage, et nous connaissons des navires dont les appareils moteurs ont eu les plus graves avaries, parce qu'il faisait tellement chaud auprès d'eux que les mécaniciens ne pouvaient y rester de manière à compléter leur surveillance.

On devra donc d'abord *aérer et ventiler* les chambres, c'est-à-dire entraîner au-dehors l'air chaud de la chambre et y faire arriver l'air frais du dehors; on ouvre dans ce but le pont au-dessus de la machine et des chaudières, et si, pour empêcher la pluie, on couvre cette ouverture d'un *tambour* ou *capot*, il faut au moins que les côtés soient à claire-voie.

Si ces ouvertures du pont ne suffisent pas pour donner issue à l'air chaud et laisser entrer l'air froid, on fait de nouvelles percées dans le pont, au-dessus des deux bouts de la chambre. Du côté où il se dégage le moins de chaleur rayonnante, on recouvre les percées du pont d'un simple grillage à jour pour empêcher d'y tomber : c'est par ce côté que l'air froid s'introduit, et pour établir un

courant d'air, on surmonte les autres percées d'une cheminée d'appel qui retire l'air chaud.

Mais il faut avant tout empêcher le calorique de se répandre par rayonnement hors de la machine, des chaudières, des conduits et réservoirs de vapeur. Toutes ces parties de l'appareil doivent être enveloppées de bois, de feutre et de tôle avec un soin minutieux, dont les locomotives peuvent encore offrir un type recommandable.

968. *La facilité de communication* autour des machines et chaudières pour la visite, le graissage et l'inspection distingue généralement les bateaux à vapeur anglais. Nous regrettons d'être forcé d'avouer que nous ne nous occupons pas assez en France de ce confortable des mécaniciens, ayant pour but de rendre moins pénibles des soins qui sont une des premières garanties de la sécurité et du bon service.

Quand la machine est considérable, on est forcé d'établir un ou plusieurs balcons bordés de rampes ou mains courantes pour atteindre toutes les parties à soigner. A fond de cale, il existe d'abord une plate-forme de niveau entourant toute la machine, mais plus élevée d'une ou deux marches que la plate-forme existant devant la porte de chargement des foyers, afin que, s'il survient une fuite de chaudière, l'eau n'arrive pas dans la chambre de la machine avant qu'on ait pu se sauver.

Les balcons supérieurs, s'ils sont les uns au-dessus des autres, sont en tôle découpée à claire-voie, afin de donner du jour et de l'air au-dessous.

La moindre hauteur entre chaque étage est de $1^{m},70$ au moins ; la largeur de l'allée est de $0^{m},70$ à 1 mètre : il faut qu'elle soit de plein pied partout à chaque étage, sans marches pour rattraper des différences de niveau ;

qu'outre la main-courante, il existe en bas un rebord pour arrêter les pieds venant à glisser; qu'il ne reste en saillie aucun écrou ni autre pièce où les pieds puissent s'accrocher en marchant dans l'obscurité; que les escaliers faisant communiquer les étages soient établis par côtés et protégés aussi par des rampes; en un mot, que les hommes de service puissent, à tout instant, circuler avec toute facilité.

Toute cette installation demande beaucoup d'étude; il en est de même de la tuyauterie, c'est-à-dire des conduits d'eau et de vapeur, qui sont très-nombreux, qu'il ne faut pas dissimuler, et qu'il faut cependant disposer de manière à ce qu'ils n'encombrent pas la machine et qu'ils la laissent dégagée.

Enfin, pour descendre dans la chambre des machines et chaudières, il n'existe souvent qu'une étroite ouverture communiquant avec le pont par une échelle et donnant à peu près passage à un homme. Une telle issue hors de la chambre est tout à fait insuffisante pour que les hommes de service puissent sauver leur vie lorsque la chaudière menace d'explosion, et qu'ils ont achevé de faire ce que la prudence leur conseille. On cite un accident célèbre où 13 chauffeurs ont été brûlés par l'impossibilité où ils étaient de sortir de la chambre. Il importe que l'ouverture puisse, dans ces moments de presse, donner passage simultanément à deux personnes au moins, que l'escalier ou échelle soit le plus loin possible des chaudières et qu'on puisse y monter commodément. Quelquefois même on installe des sorties aux deux extrémités de la chambre.

969. *Pour l'écoulement des eaux* de toute sorte qui tombent de la machine et des chaudières, ou qui s'infiltrent par

les fissures de la coque, il existe toute une installation qui ne saurait être trop soignée pour la conservation et l'assainissement de la cale. Au fond de celle-ci, on dispose une rigole en tôle ou en zinc à jointures étanches: c'est l'égout général où se rendent toutes les eaux, où débouchent par des tubes les robinets, les égouttoirs, etc.

Cet égout, qui a sa pente des deux bouts du navire, vers la machine, amène les eaux à une cuvette commune garnie de même en tôle étanche, d'où elles sont refoulées hors de la coque par une pompe spéciale dite *pompe de cale*. Sa puissance est à peu près celle des pompes alimentaires; elle est de même aspirante et foulante; elle reçoit le même mouvement et se soigne de même.

970. *Un certain nombre d'ouvertures* sont percées dans les parois latérales de la coque pour des prises ou des évacuations d'eau, savoir :

1° Pour le rejet du trop plein des bâches où s'évacue l'eau de condensation, il existe une large ouverture munie d'un clapet ouvrant de dedans en dehors, afin que l'eau extérieure n'entre pas dans le conduit. Ce premier orifice d'évacuation est percé dans les murailles latérales de la coque, un peu au-dessous de la ligne de flottaison : qu'il soit immergé sous l'eau, afin qu'il ne s'en dégage pas de vapeur, mais qu'il y soit peu profondément, afin que la masse d'eau extérieure pèse peu sur les clapets et pistons de la pompe à air.

2° Pour la prise d'eau d'injection au condenseur et des pompes alimentaires, il peut n'exister qu'une seule et même percée dans la coque. Il a été indiqué au n° 921 les précautions à prendre dans son installation.

3° Pour le rejet de l'eau des chaudières et de l'eau chassée par la pompe de cale, on peut ne percer qu'une

seule et même ouverture. Sa position est indiquée au n° 964.

Dans les percées, il faut prendre trois précautions : 1° ne les pratiquez jamais sans que le constructeur de la coque les ait déclarées sans inconvénients ; 2° que l'eau chassée ou aspirée ne s'infiltre pas dans l'intérieur de la coque ; car elle y produirait une prompte et grave détérioration ; 3° que le conduit d'eau se prolonge donc dans toute la largeur de la paroi ; que son orifice extérieur soit rabattu pour boucher toute fissure ; qu'à ces ouvertures, aucune pièce ne fasse saillie, car elles accrocheraient les herbes, faciliteraient les accumulations de coquillages et nuiraient au sillage.

Enfin, il importe qu'il y ait à chaque percée, le plus près possible de la paroi, un *obturateur dit de sûreté*, en forme de robinet, vanne ou clapet, qui puisse intercepter l'entrée de l'eau extérieure si le conduit se crève ou s'il a besoin d'être démonté. Cet obturateur doit être à portée du mécanicien, et on ne saurait trop recommander de soigner toute cette installation des percées et de leurs conduits ; car de leur vice d'établissement peuvent résulter des voies d'eau dangereuses.

971. *Les soutes à combustible* sont de vastes chambres dont l'étendue dépend de l'approvisionnement nécessaire pour la durée du voyage. Lorsque la largeur du bâtiment le permet, elles sont formées par une cloison en tôle qui entoure toute la chambre de la machine et des chaudières, et forme entre elles et les murailles du bâtiment une vaste espace qu'on remplit par le haut, et qui a, près des portes du foyer, les ouvertures par lesquelles on puise à la pelle pour charger, ainsi qu'il est dit au n° 507 (voyez fig. 24 et 25). Quand le bâtiment est trop

étroit ou bien si les appareils sont trop larges, les soutes se placent dans la longueur du bateau.

Les soutes, selon qu'elles sont pleines ou vides, non-seulement changent le tirant d'eau du navire, mais elles peuvent déranger sa position normale, si elles ne maintiennent pas en tout état le centre de gravité dans le même plan. Donc, elles doivent s'étendre également des deux côtés du centre de gravité du navire *lesté* de ses appareils. L'ingénieur, chargé d'installer la machine, a dû, avant tout, s'en faire indiquer la position précise par le constructeur du navire.

Pour empêcher les soutes de déplacer la ligne d'eau, suivant qu'elles sont pleines ou vides, on les a divisées en compartiments étanches, que l'on remplit d'eau à mesure qu'elles sont vides de combustible et qu'on met ensuite à sec par les pompes de cale et d'épuisement. Mais cet épuisement est si pénible qu'on considère ce système, théoriquement rationnel, comme peu pratique.

Il convient cependant de diviser les soutes en divers compartiments entièrement distincts et étanches, afin que s'il se déclare un incendie dans la masse du combustible (104), on puisse noyer le compartiment en feu, seul, et continuer à puiser dans les autres pour le chargement du foyer.

Ce qui est d'une bien haute importance encore est que la cloison en tôle, formant la muraille intérieure de la soute, soit fortifiée par des tirants et armatures, de manière à ne pas se gondoler et à ne pas céder à la pression très-considérable du combustible.

Il faut en second lieu que les murailles de la coque, qui forment un des côtés des soutes, soient garnies d'un

doublage en volige, en tôle ou en vieux cuivre ayant servi à couvrir la carène et réformé, car le combustible frais altère la tôle ou le bois de ces murailles.

Enfin, il est nécessaire de laisser entre la soute et les chaudières une distance vide, de 10 à 12 centimètres pour que le combustible ne pèse pas sur les chaudières, si la tôle qui l'enveloppe venait à céder.

Le service des soutes est très-pénible : dès que le combustible ne descend plus de lui-même à la porte où le puise la pelle, il faut pénétrer dans les compartiments voisins et transvaser le combustible à la pelle ou à la manne. Les *soutiers* ou charbonniers qui font ce dur travail sont presque en danger si l'on n'a pas eu le soin de ménager à chaque compartiment un soupirail fermé en temps ordinaire par un couvercle qu'on lève lorsqu'on veut remplir le compartiment ou y pénétrer.

972. Les *cabines* où les mécaniciens, chauffeurs, soutiers et hommes de peine se reposent doivent être assez près de la machine et des chaudières pour que le mécanicien *de quart* ou de faction puisse les appeler en cas de besoin sans quitter son poste; mais il faut en même temps que les hommes puissent y reposer dans un local salubre, exempt des odeurs, du bruit et de la haute chaleur auxquels le voisinage des machines ou chaudières peut donner lieu.

Le mécanicien chef a dans sa cabine, outre son lit et ses coffres ou armoires à effets, un meuble pour travailler dans ses moments de loisir et tenir sa comptabilité. Cette chambre dominera, s'il se peut, tout l'appareil, afin que, par un châssis vitré, il puisse de là avoir, pour ainsi dire, continuellement l'œil sur son petit royaume.

Les aides mécaniciens ont une autre cabine commune où ils peuvent de même travailler et se reposer.

C'est la chambre commune des chauffeurs, charbonniers et hommes de peine, qu'il faut plus encore peut-être que les autres s'attacher à rendre salubre.

Nous ne croyons pas avoir besoin de parler de l'emménagement des lits et du mobilier de ces chambres. Tous les armateurs et marins sont suffisamment édifiés à cet égard. Tout ce que le service réclame de particulier se borne donc à des soins spéciaux de salubrité et à la place désignée.

973. L'*atelier de réparation* dans les bâtiments, ne faisant que de courtes traversées, consiste simplement en un étau et un villebrequin de serrurier montés tous deux sur un établi installé à demeure fixe dans la chambre de la machine, avec des coffres ou tiroirs renfermant les outils d'ajustage indiqués au n° 332, plus ceux qui sont nécessaires pour souder des pièces aux tuyaux crevés.

Dans les grands navires qui font de longues traversées, outre l'établi qui porte deux étaux, il existe *un tour à pédale*, à banc de 2 mètres environ et ayant 20 à 25 centimètres *sous pointe*, plus une petite machine à buriner également à pédale ou à levier.

*Le magasin des matières à graisser* et en général tous les approvisionnements susceptibles de se décomposer ou se détériorer à la chaleur ne peuvent guère être dans la chambre des machines. On leur réserve des coffres ou un local dans une autre partie du bâtiment, où ils ne courent aucun risque et d'où on les retire à mesure des besoins.

Les *pièces de rechange* d'un grand poids qui s'ajoutent

inutilement à celui de la machine et des chaudières pour charger le navire en un seul point sont reportées vers les extrémités du bâtiment.

Pour tout ce qui reste avec la machine, nous voudrions voir installer des coffres, des armoires, des étagères, partout où on peut utiliser tant soit peu d'espace perdu, jusqu'aux évidements pratiqués dans les bâtis. Dans ces mêmes bâtiments où on admire le plus merveilleux arrimage de provisions et de mobilier, les dépendances de la machine sentent souvent l'enfance de l'art.

## SECTION CINQUIÈME.

### DIVERSES SORTES DE BATEAUX A VAPEUR.

974. Les bateaux et navires à vapeur peuvent être destinés à porter soit des voyageurs, soit des marchandises, ou bien à remorquer ou hâler d'autres bateaux.

*Les remorqueurs* ne contiennent que les emménagements nécessaires à la machine, aux agrès et au logement de l'équipage.

Tout remorqueur doit réunir quatre conditions générales :

1° Petit diamètre et faible immersion des roues à aubes, si tel est le système de propulseur ;

2° Vitesse et toutes autres conditions sacrifiées à la puissance et à la solidité des machines, lesquelles doivent pouvoir varier leur force entre de larges limites par une détente variable ;

3° La coque doit être solide et munie sur le pont de crochets d'amarre bien fixés pour attacher les bâtiments remorqués ; leur place est vers le centre de gravité du

pont, un peu vers l'avant, afin que le remorqueur ne se renverse pas en arrière en tirant sa charge.

4° Des formes éminemment propres à la diminution de résistance, afin que toute la force de la machine soit employée en halage, grande stabilité pour résister au chavirement sous l'action des amarres tirant le bâtiment halé, grande facilité de manœuvres, tel est l'ensemble de conditions qu'on demande aux remorqueurs.

Il suit de là que ces navires ont des formes fines et ramassées, c'est-à-dire courtes, larges et effilées; qu'ils sont à faible tirant d'eau, et munis de machines qui, pour le service des ports, varient entre 100 et 260 chevaux.

975. La science du remorquage est celle du capitaine et des matelots bien plus que du constructeur et du mécanicien : ce que ceux-ci doivent connaître se borne à la résistance du remorquage et aux conditions générales des bâtiments à vapeur qui l'opèrent.

En théorie on peut admettre que la section résistante contre laquelle lutte l'action du moteur égale la somme des sections résistantes des divers navires remorqués; s'il y en a trois, dont la section immergée du maître couple, soit 10 mètres, 16 mètres, 22 mètres, celle du remorqueur étant 8 mètres, la section résistante totale sera la somme de ces quatre nombres, c'est-à-dire 56 mètres carrés qui seront mus à une vitesse commune V. Les formules des n°s 47, 852 et suivants permettront de calculer le travail moteur à demander à la machine; mais le point difficile sera d'assigner une valeur moyenne passablement exacte au coefficient de résistance *k* pour tenir compte de l'effilement de chaque navire; car les circonstances de leur halage sont d'une variété qui défie l'ana-

lyse ; ce n'est pas seulement leur forme plus ou moins fine qu'il faudra considérer, c'est leur direction et leur sillage au milieu des remous soulevés par le précédent bâtiment : rien n'est donc plus incertain que l'évaluation de la puissance motrice à développer pour remorquer un nombre donné de bâtiments. Tout ce que nous pouvons faire est de donner, comme aperçu, quelques exemples :

1° Sur la Seine, entre Paris et Rouen, des remorqueurs de 80 chevaux remorquent en remonte de cinq à six chalands à formes pleines, du port de 160 tonneaux chaque, à la vitesse de 5 à 6 kilomètres à l'heure.

2° Il a même été remorqué exceptionnellement jusqu'à 1200 tonnes par les bateaux *Rosamel* et *Duperré*.

3° En mer, un remorqueur de 160 chevaux traîne péniblement par un beau temps un vaisseau de premier rang. D'autre part, les frégates à vapeur de 450 chevaux, telles que *le Cacique*, *le Darien*, ou autres de la marine impériale, remorquent une forte *goëlette* presque sans perdre de vitesse.

4° M. Campaignac cite dans son *Traité sur la navigation à vapeur* l'expérience d'un vaisseau de 86 canons qui fut remorqué par un vapeur, en temps passable, à la vitesse de 2,7 nœuds par une force de machine égale à 110 chevaux.

5° La corvette *Chaptal*, de 300 chevaux effectifs, a remorqué par une grosse mer une frégate de 40 canons à une vitesse de près de 6 nœuds.

Dans tous les ports et sur tous les fleuves où il existe des remorqueurs on pourra recueillir des exemples analogues qui seront le plus sûr guide de celui qui voudrait entreprendre ou conduire un service de remorquage.

976. *Les bateaux porteurs* transportent des marchandises ou des voyageurs. Pour le dernier service des voyageurs, ils doivent remplir quatre conditions :

1° *La vitesse*, et par conséquent le tonnage, est sacrifiée à la finesse des formes ; la carène (808) doit n'offrir que des courbes très-douces ;

2° *La force des machines* est la conséquence du grand travail à fournir pour atteindre la vitesse voulue, surtout sur les rivières où la faible profondeur du lit et le rapprochement des rives causent (nos 839 et suiv.) une très-grande résistance ;

3° *Le comfortable* des emménagements, leur élégance, la clarté des chambres, la hauteur suffisante pour qu'un homme de haute taille y tienne debout et couvert, l'étendue libre du pont, l'absence de bruit (913), d'odeur (914), et d'expansion de vapeur ou fumée (915) dans les machines, voilà une série de conditions dont l'importance est de premier ordre pour tout bateau de voyageurs qui veut prospérer ;

4° La sécurité (905) des machines et chaudières non-seulement contre les explosions, mais contre les avaries qui peuvent, même momentanément, forcer à suspendre la marche, exige encore des constructeurs un soin tout spécial. Il convient, pour assurer la continuité du service, d'avoir double appareil moteur et générateur dont chacun puisse être isolé l'un de l'autre au besoin, afin de continuer la marche avec l'un pendant que l'autre subit la réparation (907). Mais ce qu'il importe, c'est que la construction de toutes les parties et le choix des matériaux aient été l'objet des plus grands soins.

5° Il importe enfin d'observer que le chargement et la ligne d'eau des bateaux à vapeur affectés au service

des voyageurs sont extrêmement variables, surtout sur les rivières. Les voyageurs, tantôt sur le pont, tantôt dans les chambres, ou bien amassés soit à l'avant, soit à l'arrière, font pencher le navire en sens divers. Sur les rivières il va jusqu'à prendre une inclinaison dangereuse et en tous cas très-défavorable à la marche. Enfin, selon qu'il est plus chargé entre ses escales, son immersion varie. Il suit de là que la carène (808) doit être convenablement coupée pour que ces variations ne troublent pas les conditions d'une bonne marche, et que la coque doit être éminemment stable et suffisamment large pour résister aux tendances à verser.

977. Dans les *bateaux porteurs de marchandises* tout tend vers l'économie des transports : le tonnage est sacrifié à la finesse et à l'élégance des formes; une vitesse modérée et une médiocre force des machines suffisent. La coque est très-solide pour porter le grand poids du chargement sans risquer de crever, et parfaitement étanchée pour que les marchandises ne soient pas avariées par l'eau traversant les fissures. La machine économique d'achat, d'entretien et d'alimentation est placée dans la coque, à l'endroit le plus propre à ménager l'emplacement des marchandises; c'est ainsi qu'on la place souvent à l'arrière, sauf à ramener le navire à la position horizontale par le chargement de lourdes marchandises à l'avant en contre-poids de la machine. Il est une condition toute nouvelle qui peut être considérée aujourd'hui comme la plus essentielle de celles que doivent remplir les bateaux porteurs de marchandises : c'est de pouvoir naviguer sur toutes les rivières, fleuves et canaux d'un point quelconque à un autre du continent. C'est un problème que divers constructeurs, et notamment M. Gâche, de Paris,

ont très-heureusement résolu avec des bateaux larges de 4 à 5 mètres, calant de 1 mètre à 1$^{m}$,50, et jaugeant une centaine de tonneaux. La difficulté consistait à délivrer les flancs de la coque de l'encombrement des roues à aubes qui doublent la largeur des passes nécessaires. La position de ces roues à l'arrière ou leur remplacement par les hélices ont permis de vaincre la difficulté en ce qui touche les bateaux à vapeur (Voyez n$^{os}$ 868 et suiv.). Malheureusement les canaux ont souvent de trop étroites passes, surtout dans les écluses. La largeur des coques est alors notablement réduite, et comme déjà la profondeur est souvent limitée à un mètre, le problème de la navigation générale par toutes les voies indifféremment ne peut encore se résoudre, au point de vue pratique, que par de petits bâtiments.

978. Les navires qui vont en mer sont très-différents de ceux qui ne sortent pas des fleuves tranquilles et peu profonds.

*Pour la navigation fluviale*, les bateaux sont à fond plat, ordinairement sans quille, essentiellement légers, déplaçant l'eau par une large surface avec une faible immersion ; le bordage, les couples, les ponts et les machines sont réduits à leurs plus simples dimensions. On leur donne sans inconvénient une très-grande longueur, et pour se dispenser de les faire virer, on les effile aux deux extrémités pour marcher indifféremment en arrière et en avant. Nous avons examiné les questions qui intéressent les bateaux de rivière dans un mémoire lu à la Société des ingénieurs civils de Paris, en 1852, auquel nous renvoyons, nous bornant seulement à dire que puisque toutes les parties de ces bateaux doivent être très-allongées, rien ne devrait être oublié pour les con-

solider par leur forme de meilleure résistance et leur union mutuelle.

Sans doute des prodiges ont été faits dans l'art de la navigation fluviale, notamment en France, où l'on est parvenu à remonter le Rhône et le Rhin à raison de 15 à 20 kilomètres par heure avec des bateaux de plus de 2000 mètres cubes de capacité et 300 chevaux de force; nous croyons néanmoins qu'il reste énormément à faire dans cette industrie. Peut-être par un judicieux emploi de la tôle et du bois, comme l'a proposé M. Séguier, et en ménageant mieux les cloisons des emménagements intérieurs de manière à leur faire utilement jouer le rôle d'entretoises, parviendrait-on à donner aux bateaux plats des rivières la solidité et la rigidité qui leur manquent souvent; et puis, nous le répétons, nous croyons qu'on a outrepassé les limites permises entre les proportions respectives. (Voyez n°s 821 et suiv.).

De toutes les circonstances à considérer dans la navigation fluviale, la plus grave peut-être est le manque de profondeur d'eau; il est d'expérience qu'un même bateau qui file avec une bonne vitesse tant qu'il possède au moins 1 mètre d'eau sous lui, ne peut presque plus marcher quelque puissance que déploie sa machine quand il est réduit presque à raser le fond du lit; il ne peut alors se sauver qu'à l'aide de forme de carène très-effilée en arrière. C'est ce que développe le passage suivant du *Treatise of screw propeller* de Bourne, traduit par le capitaine Paris.

« Le désavantage du manque de finesse à l'arrière est » notablement augmenté si le bâtiment navigue sur des » eaux peu profondes, car alors le frottement de l'eau » sur le terrain l'empêche de remplir l'espace vide laissé

» par le mouvement du navire. En pratique les eaux » basses équivalent donc à un grossissement des formes » de l'arrière. En d'autres termes, si on prend deux na- » vires de même marche et que l'un d'eux navigue en » eau basse, sa vitesse sera autant diminuée par la diffi- » culté de l'eau à s'écouler vers l'arrière que si on gros- » sissait les formes de l'arrière de l'autre navire. Par » conséquent la finesse adoptée par des navires marchant » en eau peu profonde sera très-augmentée dans ceux » destinés à naviguer à la même vitesse sur les basses » eaux. Dans tous les cas, il a été observé que les na- » vires marchant sur peu d'eau atteignent leur plus » grande vitesse lorsqu'ils sont très chargés sur l'avant. » Alors l'arrière est partiellement élevé hors de l'eau, et » par conséquent plus fin qu'avec le tirant d'eau ordi- » naire. . . . . Plus la vitesse est grande, répète encore » l'auteur que nous citons, plus l'arrière doit être fin, » et il n'y a pas d'autre manière de naviguer rapidement » sur les eaux basses. »

A ces développements de M. Bourne, son savant traducteur ajoute, comme confirmation sans doute : « Il » résulte de là que tout vapeur destiné à entrer en ri- » vière doit se mettre autant que possible *sur-nez ;* il » tire un peu moins d'eau, marche mieux, et comme il » touche d'abord par l'avant, il a moins de peine à se » dégager s'il échoue. »

Les conseils qui précèdent vont étonner plus d'un constructeur de bateaux de rivière qui font précisément le contraire; nous les trouvons, quant à nous, suffisamment recommandés par l'expérience bien connue des auteurs de qui ils émanent.

979. *Les navires destinés à naviguer en mer* sur les lacs

et grands fleuves profonds ont *les formes marines* dont il a été jusqu'ici question : avec quille, étrave, étambot, formes solides et ramassées; hauteur de bordée et grande immersion, afin de résister au ballottage et à la force énorme des vagues qui tendent en tous sens à le briser. On a vu les limites entre lesquelles doit rester le rapport entre la longueur et la largeur. Tous les essais de coques allongées ont été désastreux (822), on a obtenu ainsi des navires rapides mais dépourvus de solidité, d'une manœuvre pénible et se comportant en somme très-mal à la mer.

980. *Les bâtiments à vapeur se divisent enfin en navires de guerre et de commerce.* Ceux-ci ne sont soumis à aucune règle absolue; leur forme, force et dimensions, leur aménagement intérieur dépendent des conditions requises par le service et sont très-variables. Les marins les distinguent sous divers noms dont les principaux sont les trois-mâts, les bricks et les goëlettes, d'après leur mâture et leur jaugeage. En rivière, on ne les distingue que par le jaugeage. (Voyez tableaux O, P, S du chapitre V).

Quant aux navires de guerre, leur aménagement intérieur, leur forme ramassée, la grande épaisseur de leurs parois et leur largeur tiennent à des conditions toutes particulières qui n'intéressent pas le but de ce traité. On les distingue en vaisseaux proprement dits, frégates, corvettes et avisos, selon leur importance, le nombre de canons qu'ils portent et leur force. (Voyez tableaux Q, R du chapitre V.)

*Les vaisseaux à vapeur* proprement dits sont encore en petit nombre. La marine impériale en aura cependant bientôt plusieurs dont les machines ont une force

nominale de 900 à 1200 chevaux : les premiers sont des vaisseaux portant environ 95 canons; les seconds sont des vaisseaux de premier rang, à trois ponts et portant 130 canons et au delà.

Mais l'usage s'est introduit en France et en Angleterre d'installer dans la cale de tous les vaisseaux de ligne des machines à vapeur auxiliaires, menant une hélice et suppléant en cas de besoin à l'insuffisance des voiles qui restent toujours le moteur principal. La puissance de ces machines auxiliaires se limite entre 300 et 400 chevaux.

*Les frégates à vapeur* ont de 500 à 800 chevaux de force. On exige des constructeurs, pour ces bâtiments, qu'ils soient doués des qualités nécessaires pour une marche rapide et pour opérer des remorquages en cas de besoin.

*Les corvettes à vapeur* sont dans les mêmes conditions que les frégates, mais leur force se limite entre 250 et 400 chevaux. Les bâtiments de moindre importance rentrent dans la classe des bricks et des avisos.

981. Les *canonnières* et les *batteries flottantes* sont des navires exceptionnels qui se construisent en temps de guerre pour aller attaquer et bombarder en mer les forteresses, que ne peuvent atteindre les vaisseaux ordinaires, à cause du peu de profondeur des eaux. Ils exigent principalement les conditions suivantes : 1° le tirant d'eau doit être faible et réduit suivant les circonstances; 2° la coque doit être excessivement solide pour porter l'artillerie du plus gros calibre et recevoir, sans danger de périr, les boulets ennemis. Les batteries que renferment ces navires sont, souvent, casematées, c'est-à-dire protégées en dessus par un pont, comme

les parois latérales par un *bardage* en fer à l'épreuve du boulet ; 3° la grande stabilité que doivent avoir ces bâtiments, réduits à un faible tirant d'eau, exige qu'ils aient une grande assise et beaucoup de stabilité, et par conséquent une grande largeur.

*La machine* des canonnières et batteries doit être, avant tout, économique, réduite à peu de volume, construite à bon marché, quoiqu'avec une grande solidité; elle fonctionne à haute pression avec ou sans condensation; la cheminée ne doit pas émettre de fumée et elle doit être très-courte, afin de ne pas déceler la marche à l'ennemi. L'usage des roues à aubes est impossible; la nécessité de cacher, à tout prix, le propulseur fait évidemment préférer l'hélice. La machine à vapeur est d'ailleurs l'âme de ces citadelles flottantes; la mâture et voilure sont trop exposées au feu de l'ennemi : non-seulement leur perte peut ôter au navire tout moyen de retraite; mais elles peuvent être incendiées et mettre à leur tour le feu dans le bâtiment; elles décèlent en outre de trop loin sa présence en mer. Donc, non-seulement l'hélice ne devrait pas être considérée comme un propulseur auxiliaire, mais il conviendrait que son installation fût faite dans les meilleures conditions, afin que le navire pût, aussi rapidement que le permet son gros volume, se mouvoir dans toutes les directions, avancer et battre en retraite, jusqu'à ce qu'il fût en sûreté, sous la protection de l'escadre.

Il y a longtemps que la marine emploie des chaloupes canonnières et des batteries flottantes à voiles; mais ce genre de bâtiment n'avait pas encore figuré dans la marine à vapeur avec ses conditions spéciales; nous avons dû préciser ce qui les spécialise; car ce sont en grande

partie des œuvres d'ateliers de construction de machines, sur lesquelles tout ne peut pas être écrit dans les circonstances actuelles.

On sait que l'idée des canonnières et batteries flottantes à vapeur est attribuée à Sa Majesté l'empereur Napoléon III, et on ajoute, nous ne savons sur quel fondement, que Napoléon Ier les avait également projetés pour sa descente en Angleterre, si Fulton (802) avait pu tenir sa promesse de construire une machine à vapeur, dont l'emploi fût pratique. Il y parvint, mais trop tard pour les projets de l'empereur.

## SECTION SIXIÈME.

### MISE EN SERVICE ET RÉCEPTION DES NAVIRES A VAPEUR.

982. L'installation d'un service de bâtiments à vapeur est un grand problème. Ils doivent être appropriés à leur ligne et leur nature de transport; tel navire, ayant fait un bon service dans une direction donnée, peut être incapable de naviguer avec suite et sécurité pour un autre trajet. Il suffit d'un seul passage où le navire est, ou trop large, ou trop immergé, ou trop élevé, ou trop faible, pour que la navigation soit impossible. Ainsi encore non-seulement les longs et légers bateaux de rivière ne sauraient supporter la mer, mais tel bateau faisant un bon service sur des fleuves paisibles et à vitesse moyenne de courant, manquerait de force et de solidité sur un fleuve rapide comme le Rhin et le Rhône.

Les bâtiments de commerce ne sont et ne peuvent être construits comme les bâtiments de guerre : ceux-ci ont une épaisseur de paroi nécessaire pour porter l'ar-

tillerie et recevoir les boulets ennemis, qui serait inutile et même nuisible au tonnage et à la marche dans un navire de commerce. Le gouvernement anglais avait répandu avec faveur l'idée, qu'en cas de guerre, les grands steamers des compagnies transatlantiques pourraient être au besoin armés pour le combat et pourvus de canons. Cette illusion s'est dissipée dès la première tentative au début de la guerre d'Orient. Les bâtiments sur lesquels on comptait n'ont pu rendre d'autre service qu'en effectuant des transports dans les conditions premières de leur destination.

Cependant les bateaux à vapeur ou autres servent souvent à faire des services mixtes; par exemple, transporter simultanément des voyageurs et des marchandises. Moins fins et moins rapides, alors que pour le premier cas seul, ils ont la force de machine et la commodité des emménagements, joints à la solidité nécessaire au transport des marchandises. Tel est encore le cas des bâtiments marins qui doivent remonter les rivières. D'autres navires, comme les bâtiments de guerre dont il a été parlé, sont construits à la fois pour être en même temps bons porteurs et bons remorqueurs. On place alors ces *bâtiments mixtes* dans des conditions moyennes qui ne les rendent spécialement propres à effectuer aucun des services donnés avec des qualités supérieures, mais qui permettent cependant en somme de satisfaire aux besoins voulus.

983. Le premier soin de celui qui veut desservir une ligne par bateaux à vapeur doit donc être de l'étudier au préalable dans toute son étendue et en toute saison. Il existe en général des cartes dressées par les ingénieurs hydrographes indiquant la profondeur et l'ouverture des

passes, les courants, etc., mais l'importance de l'entreprise projetée, ses énormes dépenses, ne permettent pas, surtout sur les lignes fluviales, de se contenter de cette étude sur plans. La meilleure preuve que nous puissions en donner c'est que nous avons recueilli de la bouche de beaucoup d'armateurs ou constructeurs d'une habilité incontestée cet aveu : « Si j'avais pu connaître » plus complétement la ligne, j'aurais fait autrement » mon navire. » Il faut donc que cette ligne, une fois bien connue sur les plans, soit parcourue et étudiée sur place, que toutes les difficultés de la navigation soient appréciées, les courants principaux évalués (49), l'ouverture des passes mesurée, la nature du fond et des eaux reconnue, etc.

Pour les rivières et canaux, voici les principaux objets d'études à recommander :

**Rechercher les bas-fonds et la hauteur d'eau restant au-dessus dans les plus basses eaux prise sur une moyenne de dix années.**

**S'informer si les bas-fonds sont fixes ou s'ils sont le résultat de sables mouvants qui se déplacent (1).**

**Hauteur et largeur restant sous les ponts et ouvrages d'art dans les plus hautes eaux, prises également sur une moyenne de dix ans.**

**Largeur, longueur et profondeur des écluses; règlements administratifs sur les droits de passage.**

**Largeur du lit dans les endroits où il pourra être nécessaire de virer de bord et manœuvrer.**

**Disposition des quais et berges où on compte aborder; règlements de police ou ministériels sur leur conservation et sur le droit d'y débarquer ou d'y séjourner.**

**Mesurer les plus petites sinuosités du chenal ainsi que le courant et l'état du fond dans les courbes où le navire aura nécessairement des difficultés de navigation.**

---

**(1) Si ces bas-fonds sont en petit nombre et qu'ils soient les seuls obstacles à une navigation régulière, on pourra presque certainement obtenir de l'État qu'on les drague.**

Mesurer le courant d'abord aux passes exceptionnellement rapides, puis en divers endroits où le cours est naturel, afin d'avoir la vitesse moyenne de l'eau et la vitesse exceptionnelle de certains passages. Cette recherche doit être faite pour le temps des basses eaux et surtout pour celui des hautes eaux.

Rechercher la nature et les conditions des principales marchandises à transporter, ou les convenances des passagers, afin de leur approprier les navires.

984. *Avant de mettre en service un navire à vapeur*, il faut qu'il soit essayé et reçu par une commission spéciale de l'autorité administrative, et qu'un permis de navigation ait ensuite été délivré. Ces essais, cette réception et tout ce qui est relatif en général à la navigation à vapeur sont réglés par les ordonnances royales des 3 mai 1843, 17 janvier et 6 juin 1846. Leurs dispositions vont être relatées dans la suite de cette section.

Le *permis de navigation* est demandé chaque année par le propriétaire du navire au préfet du port de départ. La demande est faite en forme de lettre ou pétition, et elle contient :

Les noms et qualités du propriétaire ;
Le nom du bâtiment ;
Ses longueur, largeur, creux, en moyenne ;
La charge qu'il doit porter, en tonneaux ;
Son tirant d'eau sous charge complète ;
La provenance de la machine et des chaudières ;
La force de la machine, en chevaux de 75 kilogrammètres ;
La pression, en atmosphères, de la vapeur dans la chaudière ;
Le système de cette chaudière ;
Le service du navire, c'est-à-dire ses points de départ, d'arrivée, de stationnements et d'escales.
Le nombre maximum de passagers qu'on compte transporter.

A la demande doit être annexé un dessin de la chaudière, assez grand et assez complet pour que l'adminis-

tration puisse faire étudier si le système offre les garanties de sécurité.

La demande est, par le préfet, renvoyée à une commission spéciale instituée en vertu de l'ordonnance royale de 1843 pour la surveillance des bateaux à vapeur.

Le propriétaire est averti du jour où cette commission viendra examiner et essayer le navire ainsi que sa machine. On lui indique s'il doit ou non allumer les feux et préparer l'appareil à fonctionner. Dans tous les cas, le navire avec toutes ses dépendances doit être en ordre de marche et parfaitement complet dans ses machines et agrès. Quand cet avis de l'arrivée de la commission est parvenu au propriétaire, il faut qu'il en accuse réception, afin que le rendez-vous soit donné sans méprise possible de part et d'autre; car l'essai d'un bateau à vapeur est, pour tout le monde, une opération coûteuse et entraînant de longs déplacements.

985. La commission visite le bateau dans tous ses détails; elle fait découvrir le fond pour reconnaître s'il est étanche et sans voies d'eau; si sa forme et sa construction offrent toute sécurité; si, dans son installation, on a observé les règles commandée par l'humanité en faveur de l'équipage et des passagers; si les cloisons étanches prescrites aux deux bouts de la chambre des machines sont bien établies; si les mesures convenables sont prises contre les avaries graves, les incendies et les naufrages; si la machine est solide, bien construite, pourvue des accessoires exigés par les règlements administratifs; enfin si les épreuves prescrites ont eu lieu (1).

---

(1) Il est dit, au n° 334, comment se font les épreuves en France. Quant aux appareils importés de l'étranger les épreuves se font au bureau

Après cette inspection, l'essai commence de suite s'il se peut, sinon à un autre jour que la commission indique. Il va sans dire que les frais de cet essai sont supportés par le propriétaire du navire; mais il ne doit aucune indemnité ni honoraires aux membres de la commission ni à ses agents.

L'essai consiste en un voyage d'une longueur suffisante pour apprécier les qualités du navire. On doit en tout se conformer aux ordres de la commission, à moins qu'il n'en résulte un danger sérieux. Quelques ingénieurs commissaires, abusant de leur qualité officielle, ont, dit-on, dans un but d'expériences qui les intéressaient personnellement, exigé certaines manœuvres et certaines allures de machines auxquelles le propriétaire s'est vu forcé de se refuser en protestant, parce que ces expériences menaçaient la conservation des appareils et entraînaient des frais dans un but étranger à celui de la mission des commissaires. Quand il est survenu de ces difficultés regrettables, elles ont été portées devant le préfet où elles ont reçu une solution désintéressée et par conséquent équitable.

Le voyage d'essai de la commission se fait pour les commissaires seuls; mais ordinairement le constructeur, le propriétaire, l'armateur, le capitaine, c'est-à-dire les intéressés, sont autorisés à y assister, afin que la réception et l'expérience se fassent pour tous en une fois.

Après la visite et l'essai, la commission délibère, dresse son procès-verbal, relate les circonstances du voyage; elle donne son avis, motive son refus s'il y a

---

de douanes d'importation, à moins qu'il en soit décidé autrement par l'autorité administrative.

lieu, et indique en tous cas les conditions spéciales que demande la sécurité publique. Si l'avis n'est pas favorable et que le préfet refuse le permis de navigation, le propriétaire a son recours au ministre des travaux publics, suivant les règles ordinaires du droit administratif. Si rien ne s'oppose à la mise en service du navire à vapeur, le permis de navigation est notifié par le préfet au propriétaire.

986. Le *permis* contient les mêmes indications que celles de la demande, plus les conditions et mesures d'ordre jugées nécessaires. L'ordonnance de 1843 indique quelques-unes de ces conditions et mesures; les voici :

Les ponts et les ouvertures non écoutillés doivent être entourés de gardes-corps.

Les tambours des roues à aubes doivent être munis jusqu'en bas d'une cage de défense pour empêcher l'approche des embarcations sous les roues. On ne l'exige toutefois pas pour les bâtiments transatlantiques.

Des escaliers latéraux, garnis de rampe ou main-courante, doivent exister de chaque côté pour l'embarquement.

Le pont doit être muni d'un support, dit *béquille*, pour arrêter la chute de la cheminée si elle n'est pas équilibrée.

La ligne de flottaison doit être indiquée sur la coque aux deux extrémités.

Le nom du bâtiment doit être visiblement inscrit sur chaque côté.

Pendant la marche de nuit le bâtiment doit porter deux fanaux latéraux présentant leur feu blanc en avant et leur feu rouge en arrière.

Les accessoires suivants doivent tous être réunis : 2 ancres prêtes à être lancées; au moins un canot suspendu, prêt à être mis à l'eau; une bouée de sauvetage pendue à l'arrière; une hache à la portée du timonier, pour couper une amarre en cas de danger; une gaffe ou croc, déposée à chaque bout du bâtiment; une cloche ou un sifflet d'alarme; une boîte de secours garnie de ses médicaments et objets de pansement; des tubes de rechange pour le manomètre, le baromètre et le niveau d'eau; enfin les cartes, boussoles et autres objets à l'usage des marins si le navire peut être exposé à être jeté en pleine mer.

Enfin on exige que dans les chambres des voyageurs il y ait un tableau contenant : le permis de navigation sur une seule feuille, afin qu'il puisse être lu en entier; le tarif et les lieux du passage, l'ordre du trajet, enfin un registre destiné à recevoir les plaintes des voyageurs.

Quand toutes ces conditions sont remplies, le bâtiment est libre de naviguer ; mais le permis n'est *valable que pour un an.* Il se renouvelle d'année en année sans formalités et sur simple demande.

Après la visite de la commission dont il vient d'être parlé, les navires à vapeur restent sous sa surveillance. Les commissaires ont droit de venir à bord les inspecter. Sur la présentation de leurs *cartes*, ils sont admis gratuitement, mais sans avoir le droit d'amener personne avec eux. A l'étranger, les consuls français ont le même droit d'inspection et surveillance sur les bateaux à vapeur français du commerce.

S'il est reconnu que les conditions imposées ne sont pas exécutées, ou si, par suite d'avaries, le bâtiment, sa machine, sa chaudière ou propulseur n'offrent plus de sécurité, le permis de navigation est retiré jusqu'à nouvel examen de la commission de surveillance ou de la personne déléguée par elle.

Outre le permis définitif de navigation dont il vient d'être parlé, les bateaux à vapeur sont astreints à prendre, dans les mêmes formes, un permis provisoire. Quand ils ont à effectuer un voyage, même sans passagers ni charge, pour se rendre, par exemple, de leur port de construction au lieu de leur service, la visite et l'essai sont moins minutieux ; mais il importe cependant que le départ n'ait pas lieu sans cette mesure de l'autorité administrative.

**987. Les prescriptions du permis de navigation ne sont pas les seules auxquelles on soit astreint dans le service des bateaux à vapeur. Ils sont l'objet de règlements de police qui peuvent être pris par les préfets de tous les départements que traverse la ligne naviguée. L'ordonnance**

de 1843 contient les principales règles que les arrêtés préfectoraux ne font guère que développer :

1° L'abordement à un quai spécial, le règlement par le préfet des arrivées et départs dans un certain ordre et des heures fixées s'il y a plusieurs services en concurrence, sont, par les articles 51 et 52 de l'ordonnance, laissés à la décision des autorités locales.

2° L'article 56 défend de quitter le port de départ, à moins d'une permission spéciale de la police locale, pendant la nuit, en temps de brouillard, de glace et de débordement. Dans les deux premiers cas, si l'on se met en route, le bateau doit avoir ses fanaux latéraux (986), et la cloche doit tinter, à courts intervalles, pour prévenir les abordages.

3° En marche, les navires qui se croisent prennent chacun sur leur droite, et s'ils ne peuvent prendre tous deux le large, ils doivent ralentir leur vitesse. Si le chenal, trop étroit, ne donne passage qu'à un seul navire, l'un d'eux arrête pour laisser passer l'autre. Sur les rivières, l'ordonnance de 1843 prescrit au navire qui remonte le courant ou la marée de s'arrêter. A l'entrée des ports, les autorités locales imposent ordinairement l'arrêt au bâtiment qui sort, et autorisent celui qui entre à franchir la passe le premier.

4° Quand deux navires qui se suivent se rattrapent, et que le second est en mesure de dépasser le premier, celui-ci serre à droite, l'autre prend la gauche ; si la passe est trop étroite, le second navire ralentit sa marche jusqu'à ce que le chenal soit assez large pour dépasser le premier sans danger. Le préfet modifie quelquefois cet ordre ; il détermine aussi les passes où on ne peut ni se

croiser ni se dépasser, ainsi que les précautions à prendre à l'approche des travaux d'art.

5° Sauf ces deux circonstances, il est interdit à un navire de gêner la marche de ses concurrents; on les oblige enfin tous également à stopper (arrêter tout à fait la marche de la machine), tant que les batelets d'embarquement ne sont pas au large.

## SECTION SEPTIÈME.

### CONDUITE DES MACHINES DE NAVIGATION

#### § I. — Personnel employé à la conduite.

988. Dans la conduite d'un navire à vapeur, il faut distinguer le gouvernement du navire et la conduite proprement dite de la machine. Le premier regarde le capitaine et le pilote; le mécanicien ne s'en occupe pas; mais il exécute ponctuellement le commandement qu'il reçoit d'eux pour imprimer à la machine le mouvement voulu.

Les rapports du mécanicien de bateau avec le capitaine et le pilote sont très-délicats, surtout dans la marine privée, où sont sans vigueur les règlements qui déterminent, dans la marine militaire, la subordination des hommes de service.

Le mécanicien, responsable de la machine, de sa conservation, de son entretien, de sa consommation en combustible, etc., doit évidemment conserver une grande latitude dans ses fonctions, surtout vis-à-vis d'un capitaine et d'un pilote qui peuvent être très-expérimentés dans leur spécialité, mais auxquels on ne peut demander de connaître, comme le mécanicien, ce que la machine peut refuser ou donner sans inconvénients. Il importe

toutefois que le mécanicien soit sous les ordres du capitaine; mais sa subordination est la même que celle du mécanicien de locomotive vis-à-vis le chef de train (723), c'est-à-dire entière et absolue pour tout ce qui tient à la marche du navire et au service, mais nulle pour ce qui regarde les soins à donner à la machine et à la chaudière. Éclaircissons par un exemple cette distinction.

Le mécanicien reçoit l'ordre de *démarrer* (mettre la machine en mouvement); *stopper* (arrêter), marcher en arrière ou en avant; en *douceur* (lentement) ou en *vitesse*, suspendre le bruit qui a lieu par l'émission de vapeur ou toute autre cause, afin que les commandements soient entendus; de tenir la machine propre; il lui est fait défense de quitter le bord ou d'y entrer avant une heure prescrite, de monter sur le pont, d'y opérer telle manœuvre; d'y déposer tels matériaux, de recevoir des étrangers dans la chambre des machines, d'y chanter ou parler bruyamment, de maltraiter ses aides, de boire, de quitter son poste, etc. Ce sont là évidemment des injonctions que doivent suivre le mécanicien et ses aides, sous peine de punitions, telles que l'amende, la mise à pied et le renvoi. Mais le mécanicien reçoit l'ordre de faire fonctionner sa machine sans détente, sans condensation, de tenir le régulateur à un certain degré d'ouverture, de gouverner le feu et l'alimentation d'une certaine manière, de suivre tel procédé dans son entretien : ce peuvent être de sages avis, mais ce ne peuvent être des prescriptions obligatoires pour le mécanicien.

Cependant on ne saurait lui recommander trop de déférence pour le capitaine, à moins qu'il n'y ait danger imminent à suivre ses ordres. De son côté, le capitaine encourrait une bien grave responsabilité si, averti par le

mécanicien d'un danger qui menace, il ne s'empressait de l'écouter et de prendre sans délai les mesures utiles.

989. La conduite des machines de bateau, à cause de leur puissance et de la durée continue du service, exige un *nombreux personnel.* Il y a des mécaniciens, des chauffeurs et des hommes de peine travaillant ensemble ou tour à tour par équipe qui se relayent.

Les mécaniciens manœuvrent la machine, entretiennent la propreté, le graissage, l'état des presses-étoupes et des garnitures.

Les chauffeurs entretiennent le feu des foyers, l'alimentation des chaudières; ils veillent à ce que les manomètres, soupapes de sûreté, flotteurs, niveaux d'eau et registres soient en bon état, et ils sont en outre chargés de la pompe à bras ou à vapeur qui, sous le nom de *petit cheval* (231), sert à l'alimentation quand les pompes de l'appareil principal n'y suffisent pas.

Les hommes de peine servent les chauffeurs et les mécaniciens.

Tous les employés sont sous la direction d'*un mécanicien chef*, qui leur distribue l'ouvrage et règle leurs heures de service. Non-seulement il ne suffit pas toujours d'une seule personne pour manœuvrer la machine, mais il y a des bateaux où quatre hommes et plus sont nécessaires à la fois. Dans ce cas, à défaut du mécanicien chef, qui se fait remplacer pour se reposer, l'un a toujours autorité sur les autres; lui seul reçoit les commandements du capitaine et les transmet à ses compagnons sous sa responsabilité. Mais chaque fois qu'il survient quelque accident imprévu, le mécanicien chef, averti de suite, doit prendre lui-même la direction.

Quant aux chauffeurs, leur nombre varie suivant le

nombre de foyers à entretenir; on compte ordinairement un chauffeur pour six foyers : ils sont tous également sous l'autorité; la surveillance et la direction du mécanicien chef ou de celui qui le remplace en service.

990. Du *costume* et de l'*hygiène* des personnes employées à la conduite des machines de navigation, nous n'avons rien à dire de spécial. Ces machines sont assimilables à celles des machines fixes d'usines installées dans des locaux obscurs et mal ventilés dont il a été parlé aux nos 548 et 549. Il suffit d'y renvoyer, en recommandant de couper le temps de service par de fréquents repos, et d'autoriser les employés à monter sur le pont respirer un air pur, après avoir eu soin de se couvrir de vêtements plus chauds, et d'attendre que leur grande sueur soit passée.

Dans la marine militaire, des règlements administratifs et des ordonnances déterminent la hiérarchie et les devoirs des employés à la conduite des machines à vapeur. C'est l'objet des ordonnances du 28 novembre 1845 en France et du 27 février 1847 en Angleterre.

991. L'*ordonnance royale du* 28 *novembre* 1845 contient en substance les dispositions suivantes :

La hiérarchie est établie ainsi qu'il suit entre les employés à la conduite des machines : outre le mécanicien en chef, il y a des mécaniciens, aides et chauffeurs de première et deuxième classe. Voici leur rang hiérarchique :

Le chef mécanicien a rang après le lieutenant du bord;
Le mécanicien a rang de maître d'équipage de ligne;
Le contre-maître a rang de second maître d'équipage;
Les aides ont rang de quartier-maître;

Les chauffeurs de 1re classe ont rang de matelots de 1re classe;

Les chauffeurs de 2e classe ont rang de matelots de 2e classe.

Tout employé à bord, au service de la machine, est, comme le reste de l'équipage, soumis aux lois et règlements maritimes. Son engagement a lieu pour un temps déterminé (7 ans), qui peut être prorogé forcément par le ministre en cas de guerre. Il doit obéissance aux grades supérieurs. Après avoir été débarqué sur l'*ordre du capitaine* pour incapacité ou inconduite, il prend le dernier rang sur l'état nominatif d'ancienneté, et après deux fois, il descend d'un grade.

Chacun de ces employés à la conduite de la machine a double ration pour les vivres, un supplément de vêtements. Mais pendant que la machine chôme, il doit travailler à bord comme le reste de l'équipage, suivant son grade.

D'après l'ordonnance de 1840, nul ne peut être admis à s'engager s'il a moins de 18 ans et plus de 45. Le titre d'homme marié n'est pas un motif d'exclusion.

992. Ces prescriptions sont communes à toutes les personnes employées à la machine. Voici maintenant celles qui concernent chaque employé.

*Les mécaniciens en chef* ont à bord rang d'officier; ils sont admis à la table de l'état-major; ils sont nommés par ordonnance du souverain et choisis parmi les maîtres mécaniciens de 1re et 2e classe qui se sont distingués dans la conduite et l'entretien de leur machine, ainsi que dans la direction et l'éducation du personnel placé sous leurs ordres. Parmi leurs fonctions, ils sont astreints à

faire dans les ports un cours public de conduite des machines.

*Les maîtres mécaniciens* se recrutent après examen et concours parmi les contre-maîtres. Ils dirigent la machine eux-mêmes dans les cas difficiles; ils règlent le service de leurs hommes, tiennent leur comptabilité et le livre-journal de leur appareil selon les règlements; ils instruisent leur personnel, lui font un cours pratique, dont les analyses sont constatées par des procès-verbaux.

*Les aides, contre-maîtres* ou *seconds* travaillent sous l'autorité du maître mécanicien; ils le suppléent; ils sont particulièrement chargés du graissage, de régler le serrage des pièces frottantes, d'essuyer la machine et de veiller aux pièces qui chauffent; ils surveillent les chauffeurs, notamment en ce qui touche la conduite du feu, l'alimentation et ses indications de niveau.

*Pour être admis à l'examen* d'aide-mécaniciens : 1° il faut produire son acte de naissance, un certificat de vaccine, un certificat de bonne vie et mœurs; après l'âge de 20 ans, un certificat constatant qu'on a tiré à la conscription. 2° Les connaissances exigées pour être admis en qualité d'aide-mécanicien sont de savoir lire et écrire, connaître l'arithmétique avec les décimales, être ouvrier en métaux. 3° Il faut savoir en outre le nom et l'emploi des principales pièces de l'appareil d'un bâtiment à vapeur, les monter, démonter et visiter; refaire les garnitures, conduire le feu, l'allumer et l'éteindre; préparer et effectuer la mise en marche, renverser la marche. 4° Il faut enfin, avant tout engagement, faire trois mois d'épreuve en mer.

*Pour passer second maître*, il faut en outre : 1° connaître dans l'arithmétique les fractions et les propor-

tions et en géométrie les principes élémentaires jusqu'aux plans inclusivement; 2° avoir une connaissance complète de la machine, des chaudières, etc., et des précautions ou remèdes à prendre en cas d'avaries.

Pour passer maître mécanicien, il faut : 1° connaître toute la géométrie, plus quelques notions de géométrie descriptive et de dessin linéaire; 2° bien posséder le système des mesures décimales; 3° expliquer tous les mouvements relatifs de la machine, en particulier la relation qui existe entre la course du tiroir et celle des pistons; 4° savoir régler la distribution; 5° avoir des connaissances sur la nature des combustibles, de la vapeur, de sa production, de sa force expansive et de sa puissance mécanique; 6° avoir enfin quelques notions générales des forces mécaniques, de l'équilibre des machines et de la détermination de leur puissance.

*Les chauffeurs* sont choisis en France parmi les ouvriers en métaux, forts, rangés, attentifs par caractère, et ayant, autant que possible, passé par les ateliers de l'état. En voyage, on les prend où l'on peut, parmi les matelots de l'équipage, et dans les ports où on touche parmi les indigènes : ils sont sous la surveillance du *mécanicien de quart*, auquel ils obéissent dans les moindres choses du service. Ils n'avancent que dans leur compagnie; puis une fois admis, suivant l'ordinaire dans le corps des mécaniciens, ils montent comme eux de grade en grade en changeant de bord et de compagnie.

En cas d'inconduite ou d'incapacité, les chauffeurs destitués deviennent simples matelots.

993. L'ordonnance dont nous venons de relater les prescriptions ne s'applique qu'aux bâtiments de l'État. *Pour la marine privée*, l'article 49 de l'ordonnance

de 1843 sur les machines et bateaux à vapeur porte simplement que tout navire doit avoir, outre le capitaine et le timonier ou pilote, un mécanicien chef, des aides et des chauffeurs en nombre suffisant. Le mécanicien est, dit l'article 64 de l'ordonnance, sous l'autorité du capitaine, il tient le livre-journal des incidents qui surviennent à sa machine (art. 65), et il fournit au commissaire de surveillance (985) un certificat de capacité du dernier établissement ou bateau où il a été employé comme mécanicien.

991. *Le règlement* sur les fonctions, le rang et l'examen des mécaniciens *de la marine royale anglaise*, ratifié par ordonnance de la reine du 27 février 1847, est traduit ainsi qu'il suit dans le *Dictionnaire de marine* de M. Paris au mot Mécanicien:

1° *Fonctions et rang des mécaniciens* Les mécaniciens employés dans la marine seront divisés en trois classes sous les désignations suivantes : inspecteurs des machines à flot, mécanicien chef et aides mécaniciens. Les deux dernières divisions seront chacune composées de trois classes et comprendront des mécaniciens chefs de 1re, 2e et 3e classe ; des aides mécaniciens de 1re, 2e et 3e classe.

Les mécaniciens continueront, comme jusqu'à ce jour, à faire partie des officiers civils du service naval ; ils seront nommés à leurs emplois et prendront rang ainsi qu'il suit ; les inspecteurs des machines à flot seront nommés en vertu d'une commission et prendront rang avec, mais après les *masters* de la flotte.

Les mécaniciens chefs seront nommés en vertu d'une commission et prendront rang avec, mais après les masters. Les aides mécaniciens seront nommés par ordre et prendront rang avec, mais après les seconds masters.

2° *Examens et conditions* Les *inspecteurs des machines*

*à flot* seront nommés par leurs seigneuries (les lords de l'amirauté), et seront chargés, sous leur responsabilité, d'inspecter généralement tout ce qui a rapport aux machines des bâtiments à vapeur attachés à chaque station ou à chaque escadre ; les candidats à ces fonctions devront être des hommes d'une expérience et d'une habileté reconnue, dans le jugement, l'intégrité et le talent desquels on pourra avoir toute confiance. Nul ne sera apte à recevoir la commission de *mécanicien chef*, s'il n'est pas en état de tenir des comptes.

**§ II. — Conduite des machines de navigation.**

995. Les machines de navigation, pour ce qui regarde leur conduite, se rapprochent des machines fixes plutôt que des locomotives. La direction et l'allure à imprimer au navire regardent le capitaine et le timonier ; le mécanicien n'a autre chose à faire qu'à obéir aux commandements et à maintenir la machine à l'allure commandée, jusqu'à ordre contraire. Même en marche, tant que l'arbre du propulseur donne son nombre de tours habituel et de régime, on n'a rien à exiger de lui. Si le navire perd du temps, si son sillage est difficile, cela ne le regarde pas.

Ce qui particularise la conduite des machines de navigation est que les manœuvres sont souvent très-multipliées, notamment sur les rivières, et que de nombreuses circonstances peuvent forcer à changer rapidement l'allure de l'appareil.

Le premier devoir du mécanicien est donc d'être toujours à son poste, auprès de la machine, à portée des leviers de manœuvres, et de ne pas s'en éloigner sans

être remplacé par son *second*. C'est ce qu'on appelle dans la marine *être de quart*, ce qui signifie être de faction.

996. *Avant de se mettre en route*, le mécanicien et ses aides ont à préparer la machine ainsi qu'il est indiqué en la section 1re du chapitre IV du premier volume.

Les garnitures et le graissage (312 et suiv.) n'offrent aucune particularité.

L'approvisionnement comprend : l'embarquement du combustible, des matières à faire les joints et garnitures, des agrès nécessaires pour la conduite, l'entretien et la réparation ; enfin les pièces de rechange.

*Le combustible* est descendu dans les soutes, en prenant garde de ne pas le réduire en menu ; on l'égalise à mesure avec un rateau, afin de ne pas laisser de vides perdus ; on tasse doucement sans briser les morceaux, afin d'utiliser, autant que possible, la contenance des soutes. Cet emmagasinement demande une certaine habitude, et le mécanicien ne doit pas regarder comme au-dessous de lui de s'étudier à le bien diriger (voyez nos 103 et suivants).

*Pour les matières à graisser* et à garnir, voyez nos 14 et suivants, 312 et suivants, 318 et suivants.

*Les agrès de service* mentionnés au n° 332 sont tous nécessaires dans la conduite des machines de navigation.

*Quant aux pièces de rechange*, si le bâtiment n'a qu'une courte traversée à opérer, elles se bornent à quelques boulons, clapets et autres petites pièces faciles à emporter et à loger. Mais si le navire doit faire une longue traversée, on emporte ordinairement avec lui un piston de rechange et un appareil de distribution complet. Dans les grands bâtiments à hélice, on va quelquefois jusqu'à emporter une hélice et un fragment d'arbre

pouvant remplacer l'un quelconque de ceux qui sont en place. Avec les bateaux à roues, on doit toujours emporter des pales de rechange.

997. *La visite et l'essai préalables* des appareils ont déjà été suffisamment recommandés (334); outre les parties des appareils générateur et moteur qui ont été signalés particulièrement à l'inspection, il faut ajouter dans un bateau :

1° Le *propulseur et son arbre* : sont-ils en parfait état, les coussinets ne sont-ils pas grippés ou engorgés de cambouis? les aubes de roues ou les ailes d'hélices ont-elles leurs solidités voulues, certaines attaches ne menacent-elles pas de manquer avant la fin de la traversée ou de la campagne? les calages sont-ils parfaits, les tambours de roues, les puits et presse-étoupe d'hélice sont-ils étanches et en l'état voulu? enfin, n'existe-t-il aucune entrave entre les ailes du propulseur de nature à gêner sa rotation?

2° La *pompe de cale*, la *pompe à incendie* et la *pompe auxiliaire dite petit cheval* : peut-on compter sûrement sur elles en cas de besoin? A leur égard, le moindre doute est une imprudence; il faut donc immédiatement les réparer ou les remplacer avant de quitter le port.

3° L'*état complètement étanche de la coque* à l'endroit de la machine, des chaudières et des soutes : c'est au mécanicien qu'il appartient spécialement d'y veiller et d'avertir le capitaine des moindres voies d'eau qu'il peut signaler dans la partie du bâtiment qu'il a sous sa direction.

998. Après s'être assuré par lui-même que tout est en état dans la machine, le premier soin du mécanicien sera de s'*informer auprès du capitaine* et par ses propres yeux

du service à effectuer. Le capitaine lui prescrira la vitesse à tenir, la durée et les heures d'arrêt; mais il constatera par lui-même le degré d'immersion de la coque, il évaluera la résistance à éprouver des courants, des vagues et des vents. En cas de remorquage, il examinera les navires à haler pour estimer, autant qu'il le pourra, leur résistance au mouvement.

Durant la marche, le capitaine doit l'avertir des circonstances qui peuvent influer sur le sillage et sur les fonctions de la machine, et que sa présence forcée dans la chambre ne lui permet pas de connaître assez tôt. Néanmoins, il lui importe d'envoyer immédiatement sur le pont s'informer de ces circonstances, dès que l'allure de la machine change sans cause apparente.

999. L'*essai* recommandé au nº 337 peut être fait d'abord sans embrayer le propulseur, ce qui ne peut ordinairement avoir lieu que sur les navires à hélice. Cet essai regarde alors le mécanicien seul; mais avec le propulseur embrayé, aucune manœuvre ne doit être faite sans avoir averti le capitaine; car dans l'ignorance où le mécanicien est de ce qui se passe hors de la chambre des machines, il pourrait arriver que le jeu des propulseurs imprimât au navire, détaché du quai et en train de manœuvrer, un mouvement de nature à troubler les dispositions prises par le capitaine. Pour mieux nous faire comprendre par un exemple, nous citerons celui d'un bateau à vapeur qui, lorsque les amarres étaient déjà détachées pour une manœuvre, bien que l'embarquement ne fût pas achevé, fut essayé sans avertissement préalable; le mouvement en avant fit basculer la planche d'embarquement, et les passagers qui s'y trouvaient tombèrent à l'eau. Si le mécanicien eût pris soin d'avertir

le capitaine de l'essai qu'il allait pratiquer, le bateau n'eût pris aucun mouvement et l'accident n'aurait pas eu lieu.

Quand l'essai a prouvé au mécanicien que tout est en état, il annonce au capitaine qu'il est prêt, et il le prie de l'avertir lui-même quelques minutes d'avance pour se préparer à démarrer. En attendant, il modère les feux en fermant les portes de cendrier et les registres, et en ouvrant ensuite, s'il le faut, les portes de foyer; qu'il prenne garde cependant de ne pas les laisser trop faiblir, car, au démarrage, on manquerait de pression. Averti ensuite qu'il va démarrer, il fait bien charger les feux, maintient la pression et le niveau d'eau élevé, ouvre les purgeurs, vide les condenseurs, débraye la détente afin de démarrer avec toute la force de l'appareil et attend l'ordre de se mettre en marche.

1000. *En démarrant*, la vitesse est d'abord très-faible pour pousser le bâtiment au large et quitter le quai, souvent au milieu des bateaux d'entre lesquels on ne peut se dégager qu'avec précaution. L'ordre de n'imprimer d'abord qu'une très-faible impulsion à la machine est donc donné.

Le mécanicien doit maintenir cette impulsion et rester à son poste, le régulateur et le levier distributeur en main prêt à stopper ou renverser la marche au premier signal, jusqu'à ce qu'enfin l'ordre d'imprimer à l'appareil sa vitesse normale se soit fait entendre.

*Quant aux manœuvres à opérer* pour stopper, modérer ou accélérer la vitesse et renverser la marche, elles ont été expliquées aux nos 340 et suiv. Il en est de même de la pratique à suivre pour chauffer et préparer le générateur (236 et suiv.), l'éteindre et le nettoyer, graisser et entretenir la machine (312 et suiv.).

*Dans le cours du voyage*, il y a deux cas à distinguer pour régler la vitesse : ou bien le bâtiment est libre de filer et d'achever son voyage aussi vite qu'il se peut, ou bien il accompagne un autre navire allant avec lui *de conserve*, et sur l'allure duquel il doit régler sa marche ; c'est aussi le cas des bâtiments qui doivent atteindre certaines destinations, à heures prescrites.

Dans le premier cas, la machine est réglée pour sa plus grande vitesse, eu égard toutefois aux conditions économiques dans lesquelles il faut toujours se renfermer, et ce qu'il importe, c'est de maintenir les appareils générateur et moteur en cet état, abandonnant, dès lors, celui-ci à sa propre allure. Le travail du mécanicien, très simplifié, ne se borne plus qu'à l'entretien du graissage, des foyers, du niveau d'eau, et aux manœuvres d'arrêt et renversement de marche.

Dans le cas où il faut régler la vitesse d'après un service prescrit ou sur l'allure d'un bâtiment accompagné, la conduite, beaucoup plus compliquée, devient analogue à celle des locomotives sur chemins de fer (719) et peut se résumer aux trois principes qui suivent :

1° Le régulateur étant grandement ouvert, réglez la vitesse en prolongeant ou réduisant l'admission de vapeur par l'organe spécial de détente.

2° Ouvrez ou fermez dans la même proportion l'injection d'eau dans le condenseur.

3° Maintenez constant dans le générateur le niveau d'eau et la pression, et modérez ou activez le feu en raison de la dépense voulue de vapeur par la fermeture des registres, porte de cendrier, échappement de vapeur.

Une dernière prescription à laquelle le mécanicien doit

se conformer est d'abord de ne pas s'inquiéter de la marche et de la manœuvre du bâtiment, et, sauf ordre de changer l'allure, de se borner à maintenir uniforme la vitesse de la machine.

Là s'arrête, nous l'avons dit, le devoir du mécanicien, quant à l'allure du navire. Le reste regarde le capitaine et le pilote; c'est à eux, pour accélérer la marche, d'user des voiles, d'éviter les coudes et les courants, et de suivre, s'il y a lieu, la route directe.

Enfin, jamais le mécanicien ne doit, sauf le cas de force majeure, arrêter, mettre en marche, ralentir, précipiter le mouvement de la machine sans le commandement exprès du capitaine. En cas de force majeure, s'il n'y a pas urgence, il doit d'abord le prévenir avant d'arrêter ou opérer les changements de marche nécessaire.

Tels sont les deux principes dont le mécanicien ne doit pas se départir, et dont la fixation évitera bien des malentendus.

1001. Pour l'*entretien et le nettoyage* des machines de navigation, nous renvoyons simplement au chap. IV, sect. 3, du premier volume. Nous ajouterons seulement un mot sur l'entretien de la coque et du propulseur. Nous ne parlerons pas des coques de navires en bois, dont le doublage de carène doit être fait en cuivre, zinc ou bronze, analogue au propulseur (890). Quant aux coques en fer, les moyens préservatifs de leur oxydation s'appliquent aussi aux roues à aubes, aux hélices et à leur transmission de mouvement.

M. Dupuy-de-Lôme propose simplement la peinture de minium employée avec les précautions suivantes : lors de la construction, couvrez d'une bonne couche de minium toutes les pièces qui vont entrer dans la coque, couples,

tôles percées, etc. Quand le bâtiment est monté, brossez-le en dehors et en dedans, puis appliquez une couche de térébenthine et d'huile de lin. A l'époque de la mise à l'eau, donnez la troisième couche de minium, et renouvelez-la à peu près tous les ans. Avec ces soins, qui ne comprend que le navire ne puisse durer indéfiniment, sauf à mater les tôles et rivures, et même à renouveler les rivets qui n'ont plus leur solidité!

Ces moyens indiqués pour la coque s'appliquent aussi aux propulseurs. Peignez de même au minium toutes les pièces avant leur assemblage; donnez une autre couche aux pièces montées, et renouvelez la peinture de temps en temps.

Parmi les pièces qui peuvent s'altérer d'une manière grave, il faut recommander l'arbre et les pièces de transmission de mouvement dans les navires à hélice. L'air humide qui règne dans la galerie dont cet arbre est couvert (941) a causé une oxydation qui a rongé et mis hors de service, à notre connaissance, un des arbres d'une frégate de 600 chevaux, après deux ans de séjour dans le port.

Parmi les couleurs composées qui ont été employées dans le même but préservateur, l'une des plus recommandées est celle qui a été employée pour le steamer anglais *la Joséphine* (Civil Engineer's Journal, 1847), et dont voici la recette :

| | |
|---|---|
| Vernis noir. . . . . . . . . . . . . | 1 baril. |
| Suif, première qualité. . . . . . . | 140 kil. |
| Plomb noir. . . . . . . . . . . . . | 20 kil. |
| Fleur de soufre. . . . . . . . . | 3 kil. |
| Arsenic. . . . . . . . . . . . . . . | 35 kil. |

Le vert du commerce, connu sous le nom de *schwen-*

*furth*, a été employé avec succès pour peindre la coque en fer de la corvette *Chaptal*.

Voici enfin une autre recette de M. Glover, laquelle joint, dit-on, comme les deux autres, au mérite de préserver de l'oxydation, celui d'empêcher les coquillages de s'attacher à la carène. Cette couleur est aussi composée,

| | |
|---|---|
| Arsénite ou arséniate de plomb. . | 2 parties. |
| Orpiment. . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Réalgar. . . . . . . . . . . . . . | 1 |
| Arsénite de cuivre. . . . . . . . | 1 |

On les mélange à l'huile et on les applique comme les autres couleurs. Quant à l'arsénite de plomb, voici comment on l'obtient : faites dissoudre de l'acide arsénieux ou arsénique dans une solution bouillante de carbonate de soude ; ajoutez à la solution de l'azotate de plomb. On obtient alors un précipité qu'on lave et qu'on sèche

### § III. — Accidents spéciaux aux machines de navigation.

Outre les accidents généraux dont il est question aux n°s 562 et suiv., plusieurs sont spéciaux aux machines de navigation et demandent quelques développements nouveaux.

1002. L'*épuisement des provisions*, et notamment des combustibles, peut arriver fréquemment en mer. Dès que le mécanicien a des inquiétudes, même éloignées sur ce point, il doit s'empresser de les communiquer au capitaine, afin que celui-ci prenne ses mesures à l'avance et qu'il soit lui-même déchargé de toute responsabilité.

S'il y a lieu, on abrége la route, on va renouveler les provisions au port le plus voisin, on soulage la machine

en marchant à la voile : toutes opérations qui ne regardent pas le mécanicien, mais qu'il est de son devoir de provoquer.

1003. L'*inclinaison du navire* est un accident redoutable dans la navigation; elle se manifeste en marche sous certaines allures de voiles ou par le vice du chargement qui porte trop sur un des côtés. Cette inclinaison a lieu aussi à quai au moment du débarquement et de l'embarquement. La chaudière, en participant à cette inclinaison, cesse d'avoir sa partie chauffée couverte d'eau. La surface, exposée à sec au contact du feu, rougit, se brûle, se gerce; en un mot, reçoit *un coup de feu* (366); et si le niveau d'eau se rétablit et atteint le métal rouge, il s'ensuit presque toujours une explosion. On a expliqué ainsi environ les 2/3 des sinistres de ce genre survenus dans la navigation maritime et fluviale.

Cet accident est particulièrement à craindre aux escales pour les bateaux de rivière, naturellement très-sujets à s'incliner à cause de leurs formes allongées unies à un faible tirant d'eau. Concluons de là : 1° que le mécanicien doit porter une grande attention aux dénivellations de la coque; 2° toujours tenir le niveau d'eau aussi élevé que possible dans la chaudière, afin que l'inclinaison de la coque ne fasse pas découvrir la surface de chauffe; 3° redoubler aux escales de surveillance et d'attention, et ne pas quitter son poste près des chaudières; 4° inviter immédiatement le capitaine à prendre les mesures propres à ramener le navire à sa position voulue.

1004. L'*échouage* et *l'atterrissement* sont des accidents des navires qui appellent de suite l'attention du mécanicien sur les appareils propulseur et moteur. Si l'on *touche* seulement sans que l'arrêt soit consommé, ne pratiquez

aucune manœuvre sans l'ordre du capitaine; mais courez aux manettes et préparez-vous à stopper ou à renverser la marche au premier ordre.

Si l'échouage est consommé et le navire arrêté, stoppez immédiatement, puis soulagez la chaudière où la vapeur ne se dépensant plus, tend à s'accumuler.

Dans ce but, ce ne sont pas les soupapes de sûreté qu'il faut ouvrir pour laisser dégager la vapeur; car son émission cause un grand bruit qui empêche le capitaine de se faire entendre et ajoute à la confusion; mais alimentez les chaudières à l'eau froide; rafraîchissez le foyer par l'ouverture des portes du foyer; diminuez le tirage par la fermeture des registres de cheminée ou la fermeture partielle des portes de cendrier. Ne faites, toutefois, pas trop tomber la pression, afin de pouvoir remettre la machine en marche, s'il y a lieu, sur l'ordre du capitaine; le but que vous avez à vous proposer est d'empêcher une accumulation de vapeur dangereuse, et non une cessation prochaine de service.

Mais si dans l'échouage le navire est incliné de manière à ce que les chaudières, en tout ou en partie, ont leur surface de chauffe mise à sec, faites avertir le capitaine et agissez de suite comme lorsqu'un coup de feu est imminent (366 et 368).

1005. L'*engorgement des chaudières et la difficulté qu'elles éprouvent à produire la vapeur* sont un double accident, particulièrement à craindre pour les chaudières des navires qui vont en mer et s'alimentent d'eau salée. On a vu au nº 74 que ces eaux rendent beaucoup de tartre et qu'elles se saturent promptement, ce qui nuit à la vaporisation (63). Il importe donc de consulter souvent le *salinomètre* (220) et de faire jouer la *pompe d'extraction* (221), pour retirer de la chaudière

l'eau saturée, en entretenant le niveau d'eau par le jeu de la pompe alimentaire (210 et 237). Il est expliqué au nº 222 quand et comment on doit extraire l'eau saturée.

1006. *Dans les gros temps*, outre que le navire éprouve plus de résistance à la marche, le roulis et le tangage (831) peuvent faire émerger le propulseur. La machine, n'ayant alors plus de résistance à vaincre, *s'emporte* (403) comme le ferait une locomotive qui patine (754), ou un moteur d'usine dont la transmission de mouvement est cassée.

Quand la machine s'emporte ainsi, des ruptures sont à craindre dans ses organes, et la dépense de combustible devient énorme. Il faut donc que dans les gros temps le mécanicien, non-seulement ne quitte pas son poste, mais qu'il tienne la main sur les leviers d'introduction de vapeur, afin de stopper dès que le mouvement commence à s'accélérer pour s'emporter.

Les gros temps fatiguent la machine comme le navire, sous certaines allures beaucoup plus que sous d'autres. Dès que le mécanicien constate en la machine qu'il conduit une tendance à arracher ses bases, à se replier sur elle-même dans un certain sens, à chauffer et à tordre ses organes, il importe d'en donner avis au capitaine, afin qu'il change, s'il se peut, l'allure du navire. Quand cet avis que la machine fatigue a été donné par le mécanicien, son devoir est rempli et sa responsabilité dégagée.

1007. *Les avaries des propulseurs* n'exigent l'arrêt immédiat du navire que si elles menacent de se compliquer.

*Les hélices* perdent ou forcent leurs ailes; le palier portant le bout de l'arbre porte-hélice peut être rongé ou déplacé. L'installation du navire doit au moins permettre de remettre en état le palier (942). Quant à l'hélice, si sa rupture ne cause qu'un simple retard dans le sillage, le

capitaine, averti, aime ordinairement mieux le subir que procéder de suite à des réparations; mais si les ailes tordues menacent de causer des avaries dans le cadre de l'hélice ou si elles y forment arrêt, il y a nécessité de l'enlever par son puits (937), et de la réparer, ou en redressant, s'il se peut, l'aile forcée, sinon il faut la couper au burin; les ailes restant, si l'hélice est à plus de deux branches, suivant notre système français, suffiront pour donner encore au navire un sillage passable.

*Dans les roues à aubes*, les pales peuvent être détachées ou brisées; elles menacent alors de crever les tambours : aussi faut-il arrêter immédiatement la machine, descendre dans la roue si le temps le permet, abattre les fragments de la pale brisée, et la remplacer.

Les rayons, leurs entretoises, les éléments de leur couronne de jonction, peuvent être forcés ou brisés. La réparation force à stopper et à descendre travailler dans la roue. Souvent il sera plus court de démonter un certain nombre de pales pour que la roue ne gêne pas la marche, de l'attacher et de la débrayer d'avec la machine si le système de son installation le permet.

Les tourteaux où sont fixés les rayons au centre de la roue peuvent se décaler par suite de la perte des clavettes insuffisamment serrées; les bouts de rayons fixés sur les tourteaux peuvent bouger également par suite d'un serrage incomplet. L'ajustage et le montage peuvent avoir été très-bien faits dans le principe, mais l'oxydation ronge tous ces assemblages; il faut donc que souvent le mécanicien les visite, les serre et les peigne au minium pour les préserver (1001). Quand en marche, on aperçoit le jeu de ces assemblages, il faut ne pas tarder à le faire cesser par le serrage des écrous ou l'addition de cales, s'il est nécessaire.

# CHAPITRE V.

## Tableaux comparatifs des machines à vapeur.

1008. Nous avons réuni dans un chapitre spécial les tableaux comparatifs des machines à vapeur, auxquels le lecteur a été si souvent renvoyé, parce que nous avions l'espoir de les compléter jusqu'au dernier moment. Nous les offrons sans doute encore avec bien des lacunes; mais pour peu qu'on ait essayé soi-même de composer de pareils tableaux, on sait qu'il est à peu près impossible d'en réunir tous les éléments. Comment mesurer ces organes, inabordables et enfermés, des machines en place? Quant aux constructeurs, propriétaires et mécaniciens chargés de la conduite, nous n'avons pas trouvé chez tous l'obligeance et le dévouement au progrès de la science, avec lesquels nous ont été fournis les renseignements qui vont suivre. Nous avons rencontré des propriétaires ou constructeurs craintifs qui en sont encore à croire qu'il y a des secrets dans l'emploi de la vapeur et des mécaniciens, de l'ignorance ou du mauvais vouloir desquels il n'a pas été possible de tirer un document

utile. Nous devons même avertir que, malgré nos recherches et la bonne volonté des personnes qui nous ont fourni les éléments de nos tableaux, les dimensions qu'ils contiennent ne sont souvent qu'approximatives.

Mais quelque incomplets qu'ils soient, les encouragements qu'on a bien voulu leur donner, l'intérêt qu'y ont déjà trouvé diverses personnes et les services qu'ils nous ont à nous-même rendus, nous faisaient un devoir de les publier en terminant notre œuvre.

Je me suis attaché à recueillir des machines de toute force, de tout système et de toute époque, sans même dédaigner celles qui se construisaient il y a une vingtaine d'années, lorsque l'expérience a consacré leur bon travail, me persuadant qu'on pouvait déduire de leur comparaison, même pour le présent, des renseignements utiles.

**1009. Tableau A comparatif de diverses machines**

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | FORCE | | Pression de la vapeur. | Fraction de la course ou commence la détente. | PISTON. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | nominale. | réelle. | | | Diamètre. | Course. | Nombre de coups doubles par minute. | Vitesse correspondante par seconde. |
| | | | chev. | chev. | atm. | | m. | m. | | m. |
| 1 | Déduit des indications du général Morin, d'après Watt et Farey. | 1846 | 10 | » | 1,25 | Presque nulle. | 0,600 | 1,40 | 23 | 1,07 |
| 2 | | 1846 | 100 | » | 1,25 | | 1,230 | 2,45 | 16 | 1,03 |
| 3 | Déduit des indications de M. Julien en son *Traité des machines à vapeur*, d'après divers constructeurs anglais. | 1849 | 12 | » | basse. | | 0,400 | 1,00 | 30 | 1,00 |
| 4 | | 1849 | 25 | » | basse. | | 0,680 | 1,70 | 24 | 1,35 |
| 5 | | 1849 | 150 | » | basse. | | 1,120 | 2,80 | 18 | 1,70 |
| 6 | | 1849 | 210 | » | basse. | | 1,600 | 4,00 | 15 | 2,00 |
| 7 | Creusot. . . . . . . . | 1826 | 60 | 64 | 1,25 | | 1,137 | 1,95 | 14 | 0,90 |
| 8 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1854 | 160 | » | 4 | 0,2 | 2,000 | 3,00 | 8 | » |
| 9 | Hic, à Bolton . . . . . | 1827 | 40 | 48 | 1,17 | 0 | 0,850 | 1,84 | 18 | 1,11 |
| 10 | Fawcett, à Liverpool. . | ancien. | 18 | » | 1 | 0 | 0,400 | 0,86 | 38 | 1,08 |
| 11 | Meyer, à Mulhouse. . . | 1850 | 25 | » | 5 | » | 0,400 | 1,24 | 30 | 1,24 |
| 12 | Bourdon, à Paris. . . . | 1855 | 25 | 31 | 4 | 1,20 | 0,540 | 1,16 | 25 | 0,967 |
| 13 | Cavé, à Paris. . . . . . | 1852 | 12 | » | 6 | 0,25 | 0,360 | 1,00 | 36 | 1,20 |
| 14 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1853 | 50 | » | 6 | 0,25 | 0,700 | 1,75 | 18 | 1,05 |
| 15 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1852 | 120 | » | 6 | 0,25 | 1,100 | 2,00 | 15 | 1,00 |
| 16 | Warral, à Paris. . . . . | 1853 | 62 | » | 5 | 0,20 | 0,600 | 1,20 | 40 | 1,60 |
| 17 | Flachat, à Paris. . . . . | 00 | 100 | 103 | 3 | 0,50 | 0,900 | 2,40 | 15 | 0,70 |
| 18 | Dickoff, à Bar-le-Duc. . | 1855 | » | de 15 à 32 | 5 | de 0,1 à 11 | 0,300 | 0,75 | 100 | 2,30 |
| 19 | Cail, à Paris . . . . . | 1854 | 12 | » | 5 | 0,10 | 0,280 | 0,50 | 100 | 1,66 |
| 20 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1854 | 90 | » | 5 | 0,20 | 0,760 | 1,00 | 45 | 1,30 |
| 21 | Sims (constr. anglais) . | » | 20 | 22 | 3 | » | 0,500 / 1,000 | 1,70 | 20 | 1,13 |
| 22 | Legavriant, à Lille. . . | 1849 | 30 | 32 | 3 | » | 0,680 / 0,340 | 0,92 | 41 | 1,25 |
| 23 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1854 | 80 | 99 | 4 | 0 50 | 0,450 / 0,900 / 0,900 | 1,03 / 1,35 | 100 / 50 | 1,80 / 1,125 |
| 24 | Farcot, à Saint-Ouen . | » | 25 | 30,3 | 4,5 | 0,06 | 0,600 / 0,420 | 1,30 / 0,75 | 27 | 1,16 / 0,67 |

fixes à condensation, avec leur générateur (*voy.* n° 474).

| LUMIÈRES. | | | POMPE A AIR. | | | | DIMENSIONS de la machine. | | | | | GRILLE. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d'entrée. | de sortie. | Volume du condenseur. | Diamètre. | Course. | Nombre de coups par minute. | Est-elle à simple ou à double effet? | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | Nombre de chaudières pour une machine. | Surface de chauffe par cheval nominal. | Longueur. | Largeur. | Surface par cheval nominal. |
| fract. du piston | | litres. | m. | m. | | | m. | m. | m. | | m q. | m. | m. | déc.q. |
| 1/25 | 1/20 | 130 | 0,40 | 0,70 | 25 | simple. | » | » | » | » | 1,50 | » | » | 1. |
| 1/25 | 1/20 | 925 | 0,82 | 1,225 | 16 | simple. | » | » | » | » | 1,50 | » | » | 0,9 |
| » | » | » | 0,25 | 0,50 | 30 | simple. | » | » | » | 1 | 1,50 | » | » | » |
| » | » | » | 0,42 | 0,80 | 24 | simple. | » | » | » | 2 | 1,50 | » | » | » |
| » | » | » | 0,70 | 0,90 | 18 | simple. | » | » | » | 6 | 1,50 | » | » | » |
| » | » | » | 1,00 | 2,00 | 15 | simple. | » | » | » | 20 | 1,20 | » | » | » |
| » | » | 792 | 0,785 | 1,202 | 14 | simple. | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 1/77 | 1/25 | » | 0,85 | 1,392 | 6 | simple. | 16,00 | 2,00 | 12,50 | 3 | 0,80 | 2,00 | 1,20 | 2,30 |
| 1/20 | » | 325 | 0,60 | 0,92 | 16 | simple. | 6,86 | 5,60 | 4,00 | 3 | 1,10 | 1,215 | 1,18 | 7,0 |
| » | » | » | 0,24 | 0,45 | 38 | simple. | 3,70 | 0,90 | 3 | 2 | 1,53 | » | » | » |
| » | » | 87 | 0,28 | 0,20 | 30 | double. | 6,60 | » | » | 2 | 1,72 | 1,20 | 1,0 | 4,8 |
| 1/26 | 1/16 | » | 0,35 | 0,42 | 25 | simple. | » | 1,50 | » | 3 | 1,225 | 1,43 | 1,15 | 6,5 |
| 1/24 | 1/20 | 65 | 0,20 | 0,25 | 36 | » | 2,70 | 0 1,1 | 0,70 | » | 1,50 | 1,0 | 0,65 | 5,0 |
| 1/33 | 1/23 | 450 | 0,40 | 0,40 | 16 | double. | 4,20 | 1,40 | » | » | 1,30 | 1,8 | 1,40 | 5,04 |
| 1/36 | 1/28 | 850 | 0,60 | 0,50 | 15 | double. | 4,70 | 3,30 | » | » | 1,30 | 2,0 | 1,50 | 4,20 |
| 1/20 | 1/15 | 75 | 0,40 | 0,60 | 40 | » | 6,00 | 0,82 | 1 | » | 0,80 | 2,20 | 1,25 | 4,03 |
| 1/20 | 1/29 | 436 | 0,61 | 2,00 | 15 | simple. | » | | » | » | 0,79 | » | » | » |
| 1/15 | 1/10 | » | 0,15 | 0,20 | 100 | double. | » | | » | 1 | 1,10 | » | » | 5,0 |
| 1/20 | 1/10 | 28 | 0,14 | 0,25 | 100 | double. | 6,45 | 5,87 | » | 1 | 1,50 | 1,10 | 0,60 | 3,50 |
| 1/27 | 1/14 | 230 | 0,38 | 0,50 | 45 | double. | 12,00 | 5,90 | » | 2 | 1,10 | 2,00 | 1,00 | 2,20 |
| » | 1/17 | » | 0,45 | 0,90 | 20 | simple. | 9,50 | 2,00 | 8,50 | 1 | 2,36 | 1,50 | 1,0 | 3,00 |
| » | » | 125 | 0,40 | 0,32 | 41 | simple. | 2,10 | 3,30 | 7,00 | » | 1,26 | » | » | 2,80 |
| » | » | » | 0,45 | 0,55 | 100 | simple. | 5,00 | 1,90 | 7,5 | » | » | » | » | » |
| » | » | 101 | 0,50 | 0,50 | 27 | simple. | 6,50 | 2,30 | 3,60 | » | 1,20 | 0,90 | 0,90 | 2,70 |

*Suite du tableau A.*

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Longueur développée des carneaux. | CHEMINÉE. Hauteur. | Section par cheval. | VOLUME d'eau. | de vapeur. | Consommation de houille gravitée par cheval et par heure. | SYSTÈME de la machine. | de la chaudière. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m. | m. | déc.q. | litres. | litres. | kil. | | |
| 1 | Déduit des indications du général Morin, d'après Watt et Farey. | 11,50 | 26 | 3 | 3300 | 3300 | » | Watt. | A bouilleurs. |
| 2 | | » | 30 | 3 | 33000 | 33000 | » | Watt. | A bouilleurs. |
| 3 | Déduit des indications de M. Julien en son *Traité des machines à vapeur*, d'après divers constructeurs anglais. | 14 | » | 0,66 | » | » | » | Watt. | » |
| 4 | | 23 | » | 0,66 | » | » | » | Watt. | » |
| 5 | | 23 | 30 | 0,66 | » | » | » | Watt. | » |
| 6 | | 23 | » | 0,66 | » | » | » | Watt | » |
| 7 | Creusot. . . . . . . . . | » | » | » | » | » | 3,00 | Watt. | A bouilleurs. |
| 8 | *Id.* . . . . . . . . . . . | 25 | 31 | 0,50 | 14785 | 7900 | 1,50 | Cornouaille, à simple effet. | » |
| 9 | Hic, à Bolton. . . . . . | 16,50 | 26 | 1,15 | 9937 | 5208 | » | Voir Armengand, tome I. | » |
| 10 | Fawcett, à Liverpool. . | 16,50 | » | » | » | » | » | Watt. | A bouilleurs. |
| 11 | Meyer, à Mulhouse. . . | 24 | 30 | 1 | » | » | » | Verticale directe. | A bouilleurs ordinaires. |
| 12 | Bourdon, à Paris. . . . | 21 | » | » | 4857 | 2226 | 1,90 | Horizont. directe. | A bouilleurs à flamme renv. |
| 13 | Cavé, à Paris. . . . . . | 20 | 10 | » | 3408 | 1385 | 3,00 | Oscillante horiz. | Cylindrique. |
| 14 | *Id.* . . . . . . . . . . . | 32 | 28 | » | 12800 | 12800 | 2,5 | *Id.* | Cylindrique. |
| 15 | *Id.* . . . . . . . . . . . | 38 | 35 | » | 18020 | 5083 | 2,5 | *Id.* | Cylindrique. |
| 16 | Warral, à Paris. . . . | 22 | 20 | 1,5 | » | » | 2,75 | Horizont. directe | A bouilleurs. |
| 17 | Flachat, à Paris. . . . | 23 | 25 | 0,4 | » | » | » | » | » |
| 18 | Dickoff, à Bar-le-Duc. . | » | » | » | » | » | 2,00 | Horizont. directe. | A bouilleurs. |
| 19 | Cail, à Paris. . . . . . | » | 26 | 1 | » | » | » | Horizont. directe. | A bouilleurs à flamme renversée. |
| 20 | *Id.* . . . . . . . . . . . | 13 | 46 | 1 | 11706 | 4800 | » | | |
| 21 | Sims (constr. anglais). . | 28 | » | 1,33 | » | » | 1,63 | Voir Bulletin de la Société d'encourag., t. XLVII. | Cornouaille. |
| 22 | Legavriant, à Lille. . . | 16 | 25 | 2,10 | 5700 | 2000 | 1,32 | | |
| 23 | *Id.* . . . . . . . . . . . | » | » | » | » | » | 1,50<br>1,32 | Voir Armengaud, tome IX. | » |
| 24 | Farcot, à Saint-Ouen. . | 21 | » | » | 4650 | 2160 | 1,50 | Wolf. | A bouilleurs à flamme renv. |

**1010. Tableau B comparatif de diverses machines fixes sans condensation, avec leur générateur** (*voy.* n° 474).

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | FORCE | | Pression de la vapeur. | Fraction de la course où commence la détente. | PISTON. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | nominale. | réelle. | | | Diamètre. | Course. | Nombre de coups doubles par minute. | Vitesse correspondante par seconde. |
| | | | chev. | chev. | atm. | | m. | m. | | m. |
| 1 | Cail, à Paris. . . . . . . . . . . | 1854 | 60 | » | 7 | 3/5 | 0,62 | 0,80 | 60 | 1,60 |
| 2 | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | 1854 | 12 | » | 4 | 1/10 | 0,36 | 0,60 | 60 | 1,20 |
| 3 | Dickoff, à Bar-le-Duc. . . . . . . | 1852 | 3 | » | 6 | » | 0,16 | 0,40 | 60 | 0,80 |
| 4 | Farcot, à Saint-Ouen. . . . . . . | 1854 | 16 | » | 6 | » | 0,415 | 0,80 | 36 | 0,96 |
| 5 | Cavé, à Paris. . . . . . . . . . . | 1854 | 4 | » | 5 | 1/4 | 0,22 | 0,44 | 45 | 0,65 |
| 6 | Colson, en Belgique. . . . . . . . | 1853 | 150 | 258 | 3,5 | 0 | 0,75<br>0,75 | 2,15 | 20 | 1,43 |
| 7 | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | 1855 | 12 | 20 | 5 | 1/4 | 0,40 | 0,80 | » | » |
| 8 | Andrew, en Angleterre. . . . . . | 1849 | 40 | » | 3 | 0 | 0,73 | 1,90 | 10 | 0,65 |
| 9 | Bourdon, à Paris. . . . . . . . . | » | 15 | » | 4,5 | 4/5 | 0,36 | 0,94 | 40 | 1,25 |
| 10 | Dray, à Londres. . . . . . . . . . | 1855 | 6 | » | » | » | 0,20 | 0,45 | 95 | 1,42 |
| 11 | Dupuy de Lôme, à Toulon. . . . | 1851 | 35 | » | 3,5 | 1/2 | 0,60 | 1,30 | 28 | » |
| 12 | Tresel, à Saint-Quentin. . . . . . | 1855 | » | 20 | 3,0 | 1/2 | 0,38 | 0,80 | 48 | 1,12 |
| 13 | Flaud, à Paris. . . . . . . . . . . | 1855 | 2 | » | 6 | 1/2 | 0,11 | 0,12 | 350 | 1,40 |
| 14 | Creusot (pour atelier). . . . . . | 1850 | 20 | » | 6 | 1/5 | 0,38 | 1,10 | 35 | 1,28 |
| 15 | *Id.* (pour soufflerie). . . . . | 1854 | 100 | » | 4 | 1/5 | 0,70 | 1,10 | 60 | 2,20 |
| 16 | *Id.* (pour atelier d'ajustage). | 1854 | 80 | » | 4 | 1/5 | 0,60 | 1,10 | 50 | 1,83 |
| 17 | *Id.* (pour l'extraction). . . . | 1855 | 120 | » | 4 | » | 0,80<br>0,80 | 2,00 | » | » |

*Suite du*

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | LUMIÈRES | | DIMENSION de la machine. | | | Nombre de chaudières pour une machine. | Surface de chauffe par cheval nominal. | GRILLE. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | d'entrée. | de sortie. | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | | | Longueur. | Largeur. | Surface par cheval nominal. |
| | | fraction du piston. | | m. | m. | m. | | m.q. | m. | m. | déc.q. |
| 1 | Cail, à Paris. . . . . . . . . . | 1/27 | 1/17 | » | » | » | 1 | 1,66 | 2,30 | 1,50 | 5,0 |
| 2 | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . | 1/28 | 1/18 | » | » | » | » | 1,25 | » | » | 4,0 |
| 3 | Dickoff, à Bar-le-Duc. . . . . . | » | » | 1,00 | 1,00 | 1,20 | 1 | 1,29 | 0,30 | 0,40 | 6,6 |
| 4 | Farcot, à Saint-Ouen. . . . . . | » | » | 3,00 | 0,90 | 2,00 | 2 | 1,50 | 1,20 | 1,02 | » |
| 5 | Cavé, à Paris. . . . . . . . . . | » | » | » | » | » | 1 | 1,48 | 0,70 | 0,44 | 7,7 |
| 6 | Colson, en Belgique. . . . . . | 1/18 | » | 11,00 | 8,00 | 9,00 | 8 | 1,25 | 2,50 | 1,80 | » |
| 7 | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . | 1/20 | » | 2,00 | 0,80 | 2,30 | » | 1,25 | » | » | » |
| 8 | Andrew, en Angleterre. . . . . | » | » | » | » | » | 6 | » | » | » | » |
| 9 | Bourdon, à Paris. . . . . . . . | 1/38 | » | 1,50 | 1,30 | 4,30 | 2 | 1,70 | » | » | » |
| 10 | Dray, à Londres. . . . . . . . | » | » | 1,00 | 1,20 | 1,40 | 1 | 1,10 | » | » | » |
| 11 | Dupuy de Lôme, à Paris. . . . | 1/13 | 1/11 | 1,20 | 2,00 | 4,00 | 5 | 1,32 | diam. 0,9 | | » |
| 12 | Tresel, à Saint-Quentin. . . . | 1/35 | 1/26 | 1,30 | 0,80 | 3,30 | » | 1,40 | » | » | » |
| 13 | Flaud, à Paris (*a*). . . . . . . | » | » | diam. | 1,00 | 1,40 | 1 | » | 0,80 | | » |
| 14 | Creusot (atelier). . . . . . . . | 1/17 | 1/8 | 3,70 | 1,30 | 0,90 | 2 | 1,20 | 1,10 | 0,70 | 3,8 |
| 15 | *Id.* (soufflerie). . . . . . . | 1/21 | 1/14 | 10,40 | 2,70 | 2,00 | » | 1,20 | » | » | » |
| 16 | *Id.* (atelier d'ajustage). . . | 1/26 | 1/16 | 2,65 | 1,60 | 6,80 | 2 | 1,00 | 1,90 | 1,30 | 6,0 |
| 17 | *Id.* (extraction). . . . . . . | 1/39 | 1/39 | 10,92 | 7,18 | 8,50 | 7 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | » |

(*a*) Petite machine portative avec son générateur.

*tableau B.*

| Longueur développée des carneaux. | CHEMINÉE. | | VOLUME | | Consommation de houille garantie par cheval et par heure. | SYSTÈME | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hauteur. | Section par cheval nominal. | d'eau. | de vapeur. | | de la machine. | de la chaudière. |
| m. | m. | déc.q. | litres. | litres. | kil. | | |
| » | 32 | 0,46 | 7375 | 3125 | » | Horizontale directe. | Tubulaire de locomotive. |
| 10,54 | 26 | 1,00 | » | » | » | Horizontale directe. | A bouilleurs en retour de flamme. |
| 7,50 | 17 | 1,33 | » | » | 2,93 | Horizontale renversée. | A 1 bouilleur ordinaire. |
| 16,70 | 23 | 1,73 | 4817 | 1971 | » | Horizontale directe. | A bouilleurs en retour. |
| 7,36 | » | » | 884 | 214 | » | Horizontale directe. | A bouilleurs ordinaires. |
| 32,00 | 33 | 4,20 | » | » | » | Verticale directe. | A bouilleurs ordinaires. |
| » | 25 | » | » | » | » | Verticale directe, à bielle en retour. | » |
| » | » | » | » | » | » | Cornouaille à simple effet. | » |
| 16,50 | » | » | 3700 | 2178 | » | Horizontale directe. | » |
| 6,00 | » | 0,32 | » | » | » | Verticale directe. | » |
| » | » | 3,5 | 2470 | 1250 | » | Oscillante. | Verticale à 1 bouilleur. Consomme beaucoup. |
| » | » | » | » | » | 1,78 | Verticale directe. | » |
| » | 3,60 | 1,00 | » | » | 3,00 | Verticale directe. | Chambre verticale. |
| 16,50 | 27 | 1,40 | 3970 | 2143 | » | Horizontale directe. | A bouilleurs ordinaires. |
| 28,00 | » | » | 29313 | » | » | Horizontale directe. | A bouilleurs. |
| 30,00 | 18 | 0,98 | 14600 | 14600 | » | Verticale directe. | » |
| 10,00 | » | » | » | » | » | Horizontale directe. | » |

## 1011. Tableau C comparatif de diverses machines

### 1° MACHINES A

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | FORCE nominale. | FORCE réelle. | Pression de la vapeur. | Fraction de la course à laquelle commence la détente. | PISTON. Diamètre. | PISTON. Course. | PISTON. Nombre de coups doubles par minute. | PISTON. Vitesse correspondante par seconde. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | chev. | chev. | atm. | | m. | m. | | m. |
| 1 | Indiqué par Barlow, *Treatise on machinery of Great Britain*, vol. VI. | 1836 | 10 | » | basse. | 0 | 0,45 | 1,22 | 24 | 0,975 |
| 2 | *Id.* | 1836 | 100 | » | basse. | 0 | 1,27 | 2,60 | 12 | 1,056 |
| 3 | Hallette, à Arras. | 1835 | 22 | » | 1,05 | 0 | 0,085 | 0,874 | 25 | » |
| 4 | *Id.* | 1846 | 25 | » | 1,05 | 0 | 0,665 | 1,066 | 25 | » |
| 5 | Cokerill, à Seraing. | 1836 | 80 | 80 | 1,30 | 0 | 1,12 | 2,450 | 22 | 1,06 |
| 6 | Maudslay, à Londres. | » | 112 | » | basse. | 0 | 1,40 | 1,52 | 22 | 1,12 |
| 7 | Sudds et Adkinds. | » | 40 | » | 4,00 | 0,25 | 0,40<br>0,21 | 1,17<br>0,86 | » | 1,01<br>0,74 |
| 8 | Cail, à Paris. | 1854 | 200 | » | 5,00 | 0,04 | 1,00 | 1,00 | 50 | 1,66 |
| 9 | *Id.* | 1848 | 90 | » | 5,00 | 0,75 | 0,68 | 0,90 | 90 | 2,55 |
| 10 | Schimd, à Vienne (Autriche). | 1855 | 25 | » | 3,50 | 0,50 | 0,25<br>0,48 | 1,20 | 32 | » |
| 11 | Farcot, à St.-Ouen, près Paris. | 1855 | 60 | » | 5,00 | » | 0,87 | 1,36 | 56 | 1,03 |
| 12 | Farcot. | 1842 | » | 8 | 3,50 | 0,25 | 0,33 | 0,65 | 42 | 0,90 |
| 13 | Scribe, à Gand. | » | 13 | » | 3,00 | » | 0,250<br>0,710 | 0,662 | » | » |
| 14 | Farineaux, à Lille. | » | 35 | » | 5,00 | » | 0,36<br>0,72 | 1,00 | 30 | 1,00 |
| 15 | Hallette et Flachat. | 1848 | 100 | 152 | 6,00 | 0,10 | 0,80 | 2,00 | » | 2,00 |

**fixes vendues sans générateur** (*voy.* n° 474).

**CONDENSATION.**

| LUMIÈRES | | Volume du condenseur. | POMPE A AIR. | | | | DIMENSIONS de la machine. | | | Consommation garantie de combustible. | SYSTÈME DE LA MACHINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d'entrée. | de sortie. | | Diamètre. | Course. | Nombre de coups par minute. | Est-elle à simple ou double effet. | Hauteur au-dessus du sol. | Longueur. | Largeur. | | |
| fract. du piston. | | litres. | m. | m. | | | m. | m. | m. | kil. | |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 4,53 | Watt. A balancier. |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 2,52 | *Id.* *Id.* |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| » | » | » | 0,620 | 1,225 | 22 | simple. | » | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| » | » | » | 0,77 | 0,76 | 22 | simple. | » | » | » | » | » » |
| 1/47<br>1/22 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | Wolf. A balancier. |
| 1/24 | 1/12 | 746 | 0,70 | 0,80 | 40 | double. | » | 7,30 | 2,06 | » | Horizontale directe. |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* (pour laminoir.) |
| » | » | » | 0,30 | 0,70 | 32 | simple. | 3,70 | 5,00 | 1,70 | 15,00 | Wolf. A balancier. |
| 1/40 | 1/28 | » | 0,40 | 0,60 | » | double. | 1,000 | 8,00 | 1,00 | » | Horizontale directe. |
| » | » | 60 | 0,18 | 0,32 | 42 | simple | 1,50 | 1,20 | 3,0 | 2,60 | Verticale à colonne. (*Voy* Armengand, t. III. |
| » | » | » | 0,210 | 0,48 | » | simple. | 4,00 | 1,64 | 1,70 | 1,5 | Sims. Verticale directe. |
| » | » | » | 0,20 | 1,00 | 30 | double. | 1,50 | 6,50 | 1,70 | » | Wolf. Horizontale directe. |
| 1/12 | 1/12 | 1000 | 0,520 | 0,80 | » | double. | 3,60 | 11,60 | 4,10 | » | Horizontale directe. |

*Suite du*

**2° MACHINES SANS**

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | FORCE nominale. | FORCE réelle. | Pression de la vapeur. | Fraction de la course à laquelle commence la détente. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | chev. | chev. | atm. | |
| 16 | Cokerill, à Seraing | 1837 | 60 | » | 4 | » |
| 17 | Hallette, à Arras | » | 20 | » | 5 | » |
| 18 | Kraft. | 1844 | 100 | » | 5 | 0,12 |
| 19 | Nepveu, à Paris. | 1855 | 20 | » | 5 | 0,7 |
| 20 | Flaud, à Paris. | 1855 | 20 | » | 5 | 0,5 |
| 21 | École d'Angers. | 1855 | 15 | » | 5 | 0,20 |
| 22 | École d'Aix. | 1855 | 30 | » | 5,5 | 0,5 |
| 23 | Fairbairn, à Manchester. | 1855 | 12 | » | 5 | » |
| 24 | Creusot. | 1855 | 100 | » | 5 | 0,3 |
| 25 | *Id.* | 1849 | 26 | » | 5 | » |
| 26 | | 1855 | 40 | » | 5 | 0,90 |
| 27 | Imbert, à Paris. | 1842 | » | 6 | 5 | 0,15 |
| 28 | | 1855 | » | 15 | 5 | » |
| 29 | Cavé, à Paris. | 1854 | 60 | » | 6 | 0,25 |
| 30 | Martin, à Paris. | 1855 | 15 | » | 6 | 0,25 |
| 31 | Révollier, à Rive-de-Gier. | 1855 | 30 | » | 5 | 0,75 |
| 32 | *Id.* | 1854 | 80 | 5 | 3 | 0,70 |
| 33 | Maldant, à Bordeaux. | 1858 | 26 | » | 5 | » |
| 34 | Béchu, à Paris. | 1855 | 6 | » | 5 | 0,60 |
| 35 | Schmid, à Vienne (Autriche) | 1858 | 6 | » | 5 | 0,21 |
| 36 | Neumann et Esser, à Aix-la-Chapelle. | 1855 | 15 | » | 4 | » |
| 37 | École de Châlons. | » | 7 | » | 5 | 0,30 |

*tableau C.*

## CONDENSATION.

| PISTON. | | | | LUMIÈRE | | DIMENSIONS de la machine. | | | Consommation garantie de combustible. | SYSTÈME DE LA MACHINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diamètre. | Course. | Nombre de coups doubles par minute. | Vitesse correspondante par seconde. | d'entrée. | de sortie. | Longueur. | Largeur. | Hauteur au-dessus du sol. | | |
| m. | m. | | m. | | | m. | m | m. | kil. | |
| 0,550 | 2,50 | 20 | 1,66 | 1/17 | » | » | » | » | » | Watt. |
| 0,40 | 1,60 | 25 | 1,33 | » | » | 5,30 | 1,80 | 2,30 | » | Horizontale directe. |
| 0,86 | 2,00 | 24 | 1,60 | 1/30 | » | 8,00 | 2,65 | 3,10 | » | *Id.* |
| 0,23 | 0,45 | 120 | 1,80 | 1/16 | 1/6 | 1,00 | 2,60 | 0,60 | 4,25 | *Id.* |
| 0,15 | 0,25 | 250 | 2,08 | » | » | 1,50 | 1,00 | 1,10 | » | Verticale directe, 2 cylindres. |
| 0,30 | 1,00 | 40 | » | » | » | 3,00 | 2,00 | 1,12 | » | Horizontale directe. |
| 0,30 | 1,00 | 33 | 1,10 | » | » | 5,50 | 2,20 | 1,00 | » | *Id.* |
| 0,28 | 0,61 | 60 | 1,20 | » | » | 1,00 | 1,30 | 3,00 | » | Verticale directe à colonne. |
| 0,70 | 1,30 | 50 | 2,50 | 1/20 | 1/13 | 10,35 | 4,50 | 1,30 | » | Horizontale directe. |
| 0,31 | 1,10 | 28 | 1,05 | 1/11 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 0,40 | 0,60 | 100 | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 0,275 | 0,680 | 40 | 0,90 | » | » | 1,30 | 1,30 | 3,30 | » | Meyer. Verticale. |
| 0,360 | 0,750 | 30 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 0,34 | 1,00 | 60 | 2,00 | 1/34 | 1/12 | 6,00 | 1,20 | » | » | Horizontale directe. |
| 0,28 | 0,36 | » | » | » | » | 3,40 | 1,00 | 0,60 | » | *Id.* |
| 0,445 | 0,82 | 50 | 1,36 | 1/18 | 1/8 | 5,00 | 1,00 | 0,70 | » | *Id.* |
| 0,70 | 2,00 | 15 | 1,00 | » | 1/12 | 9,30 | 1,20 | 1,40 | » | *Id.* |
| 0,42 | 0,92 | 45 | 1,36 | 1/16 | 1/9 | 4,20 | 1,00 | 1,60 | » | *Id.* |
| 0,18 | 0,46 | 120 | 1,10 | » | » | 1,90 | 0,90 | 1,00 | » | Oscillante horizontale. |
| 0,30 | 0,64 | 30 | 1,26 | » | » | 3,00 | 1,20 | 0,80 | » | Horizontale directe. |
| 0,315 | 0,65 | 60 | 1,36 | » | » | 1,80 | 1,30 | 3,60 | » | Verticale directe renversée. |
| 0,30 | 0,72 | 100 | » | » | » | 1,80 | 0,60 | 0,70 | » | Horizontale directe. |

**1012. Tableau D.** — *Dimensions principales et proportions détaillées de diverses machines à vapeur horizontales oscillantes*, de M. Cavé (*voy.* n° 474).

| MACHINE. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Force nominale en chevaux de 75 kil. | 12 | 25 | 50 | 80 | 120 |
| Année de la construction. | 1842 | 1844 | 1845 | 1843 | 1846 |
| Pression dans la chaudière. | 6atm. | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Fraction de la course où commence la détente. | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 |
| Diamètre du cylindre à vapeur. | 0m,360 | 0,540 | 0,700 | 0,900 | 1,100 |
| Course du pistou. | 1m,000 | 1,300 | 1,700 | 1,750 | 2,000 |
| Nombre de tours de la machine par minute. | 30 | 25 | 20 | 20 | 18 |
| Vitesse du piston à vapeur par seconde. | 1m,000 | 1,083 | 1,133 | 1,166 | 1,200 |
| Surface du piston. | 0m,1017 | 0,2042 | 0,3848 | 0,6361 | 0,9503 |
| Dimensions des lomières d'entrée. | 30/140 | 36/230 | 42/320 | 54/420 | 64/500 |
| Sectiou des lumières d'entrée. | 0m,0042 | 0,0083 | 0,0134 | 0,0226 | 0,0320 |
| Rapport à la surface du piston. | 1/24 | 1/25 | 1/28 | 1/28 | 1/30 |
| Diamètre du tuyau d'arrivée de vapeur. | 0m,0772 | 0,100 | 0,130 | 0,163 | 0,200 |
| Dimensions des lumières de sortie. | 36/140 | 45/230 | 60,320 | 70/420 | 85/500 |
| Sectinu des lumières de sortie. | 0m,0050 | 0,0103 | 0,0192 | 0,394 | 0,0425 |
| Rapport à la surface du piston à vapeur. | 1/20 | 1/20 | 1/20 | 1/22 | 1/22 |
| Diamètre du tuyau de sortie. | 0,085 | 0,120 | 0,160 | 0,200 | 0,240 |
| La force uominale en chevaux correspond à la détente. | 1/10 | 1/10 | 1/12 | 1/12 | 1/14 |
| Pour des coefficients d'effet utile de. | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,60 |
| La force réelle à la détente 1/5 donne. | 20chvx | 45 | 90 | 180 | 280 |
| Dépense de combustible à la force nominale. | 2k 1/2 | 2 1/2 | 2 | 2 | 1,60 |
| Diamètre de la pompe à air (à double effet). | 0m,200 | 0,300 | 0,400 | 0,500 | 0,600 |
| Course du piston. | 0m,250 | 0,320 | 0,450 | 0,500 | 0,600 |
| Nombre de tours par minute. | 30 | 25 | 20 | 20 | 18 |
| Vitesse du pistoh par seconde. | 0m,250 | 0,266 | 0,300 | 0,330 | 0,360 |
| Section des clapets par rapport à la surface du piston. | 1/3 | 1/3 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |
| Rapport du volume de la pompe à air au volume du cylindre. | 1/12 | 1/12 | 1/12 | 1/12 | 1/12 |
| Volume du coudeuseur par rapport à celui du cylindre. | 1/2 | 1/12 | 1/2 | 1/12 | 1/12 |
| Diamètre des volants. | 5m,000 | 6,000 | 7,500 | 8,000 | 9,000 |
| Poids de la couronne. | 1800k | 5000 | 11000 | 17000 | 26,600 |
| **CHAUDIÈRES.** | | | | | |
| Nombre de chaudières. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Diamètre intérieur du corps de chaudière. | 0m,800 | 0,800 | 1,200 | 1,200 | 1,200 |
| Longueur totale. | 6,300 | 8,300 | 10,300 | 9,300 | 12,300 |
| Diamètre intérieur des bouilleurs. | 0,500 | 0,500 | 0,650 | 0,600 | 0,700 |
| Longueur totale. | 6,300 | 8,300 | 10,700 | 9,600 | 12,800 |
| Surface de chauffe totale. | 19mq | 38 | 63 | 106 | 160 |
| Par cheval. | 1mq,56 | 1,56 | 1,25 | 1,33 | 1,34 |
| Longueur des grilles. | 1m,700 | 1,400 | 2,100 | 2,000 | 2,100 |
| Largeur. | 0m,700 | 0,900 | 1,200 | 1,000 | 1,400 |
| Surface par cheval nominal. | 6déc. | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Section de la cheminée par cheval. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Hauteur de la cheminée. | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 |

**1013. Tableau E relatif à quelques machines fixes de MM. Laurens et Thomas, ingén. à Paris** (*voy.* n° 474).

| APPLICATION de la MACHINE A VAPEUR. | DIAMÈTRE du cylindre. | VITESSE du piston. | PRESSION de la vapeur. | CONTREPRESSION pendant l'échappement. | DÉTENTE. | FORCES RÉELLES déduites d'un essai ou du travail | VOLUME D'EAU ou de vent par minute. | CONSOMMATION par heure et par cheval. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. | m. | atm. | atm. | | chevaux. | | kil. | |
| Quatre modèles de machines pour moulins, filatures, huileries, papeteries et autres usages exigeant beaucoup de régularité et de *rondeur*. | 0,60 | 1,45 | 4 1/2 à 4 3/4 | 1/16 à 1/12 | 1/40 à 1/25 | 50 à 65 | » | 1,20 à 1,35 | (1) |
| | 0,50 | 1,38 | 4 3/4 à 5 | id. | id. | 55 à 40 | » | 1,10 à 1,20 | |
| | 0,52 | 1,60 | 6 1/4 à 6 1/2 | id. | 1/30 à 1/40 | 40 à 45 | » | 1,05 à 1,15 | |
| | 0,35 | 1,25 | 4 1/2 à 5 | 1 1/2 à 2 | 1/2 à 1,3 | 14 à 16 | » | 3 1/4 à 3 1/2 | |
| Petites machines *vives* fonctionnant de 130 à 300 tours par minute, pour piles à papier, turbines à sucre, scies, ventilateurs, ateliers, moulins, etc. | 0,18 | 1,50 | 6 1/4 à 6 1/2 | 1 1/2 à 2 | 1/3 à 1/4 | 8 à 9 | » | 5 à 6 1/4 | (2) |
| | id. | 1,84 | 4 3/4 à 5 | 1 1/10 à 1 1/8 | 1/2 à 1/3 | 10 à 11 | » | 2 9/10 à 3 | (3) |
| | id. | 1,20 | 5 1/4 à 5 1/2 | 1/14 à 1/10 | 1/4 à 1/5 | 4 à 5 | » | 1 3/10 à 2 | |
| Pompe à feu pour service d'eau des villes. . . . | 0,445 | 0,60 | 5 à 5 1/2 | 1/16 à 1/12 | 1/15 à 1/16 | 12,30 | litres. 1100 | 1,96 | (4) |
| Pompe à feu pour hôpitaux, chemins de fer, etc. | 0,48 | 0,40 à 0,50 | 4 1/2 à 4 3/4 | id. | 1/4 à 1/5 | 2 à 2,50 | 300 à 375 | 2,60 à 3 | |
| Souffleries rapides à tiroir (système particulier de MM. Laurens et Thomas). . . . . . . . . . . | 0,26 | 1,10 à 1,70 | 4 1/2 à 5 | id. | 1/4 à 1/5 | 10 à 15 | m cubes. 22 à 25 | Chauffée avec les gaz. | (5) |
| | 0,40 | 1,30 à 1,80 | id. | id. | 1/8 à 1/10 | 20 à 60 | 45 à 58 | id. | (6) |
| | 0,52 | 1,40 à 1,90 | id. | id. | id. | 40 à 55 | 62 à 80 | id. | (7) |
| | 0,60 | 1,50 à 2,10 | id. | id. | id. | 65 à 90 | 85 à 105 | id. | (8) |
| Machines pour laminoirs. . . . . . . . . . . . . | 0,50 | 1,50 à 2,80 | 4 1/4 à 4 3/4 | id. | 1/3 à 1/4 | 45 à 85 | » | Chauffées à chaleur perdue des fours. | (9) |
| | 0,66 | 1,80 à 2,70 | id. | id. | 1/2 à 1/15 | 60 à 90 | » | id. | |
| | 0,75 | 1,60 à 2,60 | id. | id. | 1/2 à 1/20 | 120 à 200 | » | id. | |
| | 0,90 | 1,60 à 2,60 | id. | id. | 1/2 à 1/20 | 200 à 300 | » | id. | |
| Modèle no 1 de locomobile ou de machine *demi-fixe*. | 0,16 | 1,50 | 5 3/4 à 6 | 1 1/10 à 1 1/7 | 1/3 | 6 à 7 | » | 2,70 à 2,80 | (10) |

Toutes ces machines sont à un seul cylindre placé horizontalement; celles à condensation ont leur pompe à air inclinée et disposée à côté du cylindre à vapeur sous la main du chauffeur.

(1) La consommation moyenne dépasse peu ces nombres résultant d'essais d'assez courte durée, et même ne les dépasse pas sensiblement lorsque ces machines sont bien entretenues.

(2) Avec utilisation de la vapeur pour des chauffages.

(3) Alimentée avec de l'eau à 90°.

(4) La tige du piston-vapeur conduit directement celle de la pompe qui est horizontale et à double effet. La force indiquée, à laquelle correspond la consommation, est celle utile, en eau élevée, c'est-à-dire celle résultant du volume d'eau fournie multiplié par la hauteur.

(5) Pour haut fourneau moyen au bois, ou pour quatre feux d'affineries. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

(6) Pour grand haut fourneau au bois, ou bien avec mélange de coke. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

(7) Pour fourneau moyen au coke. . . . . . . . . . .

(8) Pour grand fourneau ou coke. . . . . . . . . . .

(5) à (8) : La tige du piston-vapeur conduit directement la tige du piston-soufflant.

(9) Toutes ces machines conduisent directement des trains de laminoirs suivant le système de MM. Laurens et Thomas. Elles sont sans condensation ou à condensation, suivant que l'on peut établir plus ou moins de chaudières à chaleur perdue. — (10) Alimentée avec de l'eau à 50°.

1014. **Tableau F offrant les dimensions comparées de 14 machines de Wolf** (et communiqué

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Puissances nominales en chevaux.** | | **6** | **8** | **10** | **12** | **14** |
| **Puissance réelle** (*a*). | | 7,20 | 9,6 | 12 | 14,4 | 16,8 |
| | | m. | m. | m. | m. | m. |
| Cylindres grand piston. | Diamètre. | 0m,305 | 0,355 | 0,400 | 0,437 | 0,460 |
| | Diamètre de la tige. | 0m,037 | 0,051 | 0,054 | 0,056 | 0,058 |
| Petit piston. | Diamètre. | 0m,180 | 0,233 | 0,260 | 0,280 | 0,295 |
| | Diamètre de la tige. | 0m,027 | 0,044 | 0,043 | 0,045 | 0,047 |
| Pompe à air. | Diamètre du piston. | 0m,200 | 0,235 | 0,265 | 0,287 | 0,304 |
| | Diamètre de la tige. | 0m,022 | 0,035 | 0,036 | 0,037 | 0,038 |
| Nombre de tours par minute. | | 34 | 34 | 30 | 30 | 26 |
| Manivelles. | Longueur. | 0m,40 | 0,40 | 0,48 | 0,48 | 0,57 |
| | Diamètre du centre. | 0m,220 | 0,247 | 0,275 | 0,290 | 0,325 |
| | Diamètre du goujon. | 0m,059 | 0,065 | 0,07 | 0,072 | 0,076 |
| Arbres du volant. | Diamètre des tourillons. | 0m,110 | 0,124 | 0,137 | 0,146 | 0,162 |
| Balanciers. | Longueur. | 2m,80 | 2,80 | 3,35 | 3,35 | 4,00 |
| | Largeur au milieu. | 0m,400 | 0,400 | 0,480 | 0,48 | 0,57 |
| | Diamètre des bouts. | 0m,092 | 0,100 | 0,108 | 0,114 | 0,149 |
| | Diamètre des axes des boulets, côté des cylindres. | 0m,042 | 0,052 | 0,056 | 0,058 | 0,060 |
| | Côté de la bielle. | 0m,054 | 0,066 | 0,063 | 0,067 | 0,070 |
| Arbres de balanciers. | Longueur. | 0m,620 | 0,620 | 0,750 | 0,750 | 0,890 |
| | Diamètre des tourillons. | 0m,092 | 0,100 | 0,108 | 0,114 | 0,149 |
| | Longueur des tourillons. | 0m,110 | 0,120 | 0,130 | 0,137 | 0,144 |
| Bielles. | Longueur. | 2m,80 | 2,80 | 3,35 | 3,35 | 4,00 |
| Volants. | Diamètre. | 3m,00 | 3,00 | 3,60 | 3,60 | 4,25 |
| | Poids de la jante. | 1900k | 2550 | 2800 | 3430 | 3880 |
| Prix de vente y compris les chaudières (*b*). | | 14000f | 18000 | 22000 | 25000 | 29000 |

à double cylindre, pour filatures construites en Alsace de 1827 à 1836, par M. Cadiat).

| 16 | 18 | 20 | 24 | 30 | 40 | 50 | 70 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 22 | 24 | 29 | 36 | 48 | 60 | 84 | 190 |
| m. 0,495 | m. 0,520 | m. 0,545 | m. 0,590 | m. 0,650 | m. 0,745 | m. » | m. 0,920 | m. 1,165 |
| 0,060 | 0,063 | 0,065 | 0,069 | 0,076 | 0,085 | » | 0,108 | 0,165 |
| 0,305 | 0,345 | 0,330 | 0,350 | 0,380 | 0,440 | » | 0,580 | 0,666 |
| 0,050 | 0,052 | 0,054 | 0,056 | 0,060 | 0,065 | » | 0,081 | 0,100 |
| 0,327 | 0,343 | 0,360 | 0,390 | 0,430 | 0,493 | » | 0,608 | 0,768 |
| 0,041 | 0,043 | 0,044 | 0,045 | 0,048 | 0,053 | » | 0,067 | 0,090 |
| 25 | 25 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 14 |
| 0,65 | 0,65 | 0,75 | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 0,78 |
| 0,350 | 0,365 | 0,400 | 0,417 | 0,465 | 0,515 | 0,565 | 0,625 | 0,76 |
| 0,079 | 0,081 | 0,083 | 0,087 | 0,094 | 0,103 | 0,110 | 0,120 | 0,150 |
| 0,175 | 0,181 | 0,200 | 0,210 | 0,235 | 0,260 | 0,285 | 0,315 | 0,400 |
| 4,50 | 4,50 | 5,23 | 5,25 | 6,00 | 6,00 | 6,65 | 7,35 | 9,10 |
| 0,65 | 0,65 | 0,75 | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 0,95 | 1,05 | 1,30 |
| 0,124 | 0,128 | 0,132 | 0,142 | 0,148 | 0,162 | 0,172 | » | » |
| 0,063 | 0,065 | 0,067 | 0,072 | 0,076 | 0,083 | 0,090 | 0,100 | » |
| 0,072 | 0,076 | 0,078 | 0,083 | 0,088 | 0,96 | 0,100 | 0,114 | 0,160 |
| 1,00 | 1,00 | 1,17 | 1,17 | 1,34 | 1,34 | 1,48 | 1,64 | » |
| 0,124 | 0,128 | 0,132 | 0,142 | 0,148 | 0,162 | 0,172 | 0,190 | 0,250 |
| 0,149 | 0,154 | 0,158 | 0,170 | 0,178 | 0,194 | 0,207 | 0,227 | 0,340 |
| 4,50 | 4,50 | 5,25 | 5,25 | 6,00 | 6,00 | 6,65 | 7,35 | » |
| 4,85 | 4,85 | 5,60 | 5,60 | 6,35 | 6,35 | 7,10 | 7,85 | 7,85 |
| 4350 | 4900 | 5450 | 6500 | 7650 | 10300 | 11950 | 16000 | 19000 |
| 32000 | 35000 | 38000 | 43000 | 51000 | 63000 | 74000 | 90000 | » |

(a) Suivant l'usage adopté à cette époque en Alsace, dans les marches, la puissance du cheval devait être de 90 kilogramètres au lieu de 75; en sorte que la puissance nominale des machines de ce tableau doit être augmentée dans le rapport de 75 à 90. Cette puissance devait être produite avec une pression de 3 1/2 atmosphères dans la chaudière.

(b) Toutes ces machines ont des chaudières à bouilleurs ayant 1mq,50 de surface de chauffe, consommant une très-faible quantité de combustible. Elles jouissent d'une grande régularité de mouvement.

## 1015. Tableau G comparatif de diverses

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES DESSERVIES. | ROUES. Diamètre. Avant. | Milieu. | Arrière. | Écartement extrême. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | m. | m. | m. | m. |
| 1 | Stephenson, à Newcastle. . . . | 1838 | Saint-Germain. . . . | 1,06 | 1,70 | 1,06 | » |
| 2 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1845 | Orléans. . . . . . . . | 1,10 | 1,70 | 1,10 | 3,35 |
| 3 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1851 | South-Eastern. . . . | 1,20 | 1,20 | 1,84 | 4,87 |
| 4 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1855 | Méditerranée. . . . . | 1,20 | 1,82 | 1,20 | 4,55 |
| 5 | *Id.* . . . . . . . . . . | » | Berwick. . . . . . . . | 1,16 | 2,00 | 1,16 | 4,20 |
| 6 | *Id.* . . . . . . . . . . | » | South-Eastern. . . . | 1,06 | 1,06 | 1,82 | 4,80 |
| 7 | Creusot. . . . . . . . . . . . | » | Saint-Germain. . . . | » | 1,70 | » | » |
| 8 | Tonrasse (at. du chem. de fer). | 1841 | Saint-Étienne. . . . . | » | 1,30 | » | » |
| 9 | Hawthorn, à Newcastle. . . . . | » | » | 1,55 | 1,865 | 1,15 | » |
| 10 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1842 | Orléans. . . . . . . . | 1,05 | 1,815 | 1,05 | 3,20 |
| 11 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1850 | Great-Northern. . . . | 1,067 | 1,82 | 1,067 | 4,38 |
| 12 | Sharp, à Manchester. . . . . . | 1840 | Versailles (R. G.). . | 1,05 | 1,67 | 1,05 | 3,44 |
| 13 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1843 | Orléans. . . . . . . . | 1,137 | 1,843 | 1,07 | 3,49 |
| 14 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1845 | *Id.* . . . . . . . . | 0,94 | 1,34 | 0,94 | 3,23 |
| 15 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1850 | South-Eastern. . . . | 1,21 | 1,82 | 1,21 | 4,87 |
| 16 | Bury, à Liverpool. . . . . . . | » | South-Western. . . . | 1,22 | 1,68 | 1,17 | » |
| 17 | Fairbairn, à Manchester. . . . | » | *Id.* . . . . | 1,22 | 1,70 | 1,10 | 3,70 |
| 18 | *Id.* . . . . . . . . . . | 1850 | Shrewsbury. . . . . . | 1,06 | 1,72 | 1,06 | 4,20 |
| 19 | Gooch. . . . . . . . . . . . . | » | South-Western. . . . | 1,20 | 1,97 | 1,20 | 4,55 |
| 20 | Poncelet, à Liége. . . . . . . | 1655 | Belgique. . . . . . . | 1,40 | 1,83 | 1,14 | 4,21 |
| 21 | Zaman, à Bruxelles. . . . . . . | 1855 | *Id.* . . . . . . . | 1,14 | 1,82 | 1,14 | 4,21 |
| 22 | Cail, à Paris. . . . . . . . . . | 1847 | Est. . . . . . . . . . | 1,00 | 1,68 | 1,00 | 3,015 |
| 23 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1848 | Lyon. . . . . . . . . | 1,10 | 1,80 | 1,10 | 4,015 |
| 24 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1854 | *Id.* . . . . . . . . | 1,30 | 1,80 | 1,10 | 4,49 |
| 25 | Buddicum, à Rouen. . . . . . | 1840 | Rouen. . . . . . . . . | 1,22 | 1,68 | 1,07 | 3,65 |
| 26 | Hallette, à Arras. . . . . . . . | 1849 | Troyes. . . . . . . . | 1,06 | 1,68 | 1,06 | 3,01 |
| 27 | Kœchlin, à Mulhouse. . . . . . | » | Tours. . . . . . . . . | » | 1,82 | 1,00 | 3,61 |
| 28 | *Id.* . . . . . . . . . . | » | Alsace. . . . . . . . . | 1,06 | 1,68 | 1,06 | » |
| 29 | Atelier du chemin de fer. . . . | 1851 | *Id.* . . . . . . . . | 1,08 | 1,70 | 1,08 | » |
| 30 | Cavé, à Paris. . . . . . . . . | 1838 | Versailles. . . . . . . | » | 1,70 | » | » |
| 31 | *Id.* . . . . . . . . . . . . | 1849 | Est. . . . . . . . . . | 1,20 | 1,80 | 1,10 | 3,93 |
| 32 | *Id.* (Système Polonceau). . . | 1854 | Orléans. . . . . . . . | 1,247 | 1,854 | 1,247 | 4,32 |
| 33 | Polonceau, à Ivry. . . . . . . | 1853 | *Id.* . . . . . . . . | 1,247 | 1,854 | 1,247 | 4,35 |
| 34 | Allan, à Crewe. . . . . . . . . | » | North-Western. . . . | 1,06 | 1,82 | 1,06 | 3,90 |

**locomotives ordinaires à voyageurs.**

| Pistons. | | Pression dans la chaudière. | Lumières. | | | Tubes. | | Surface de chauffe. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diamètre. | Course. | | Longueur. | Largeur. | | Nombre. | Longueur. | Tubes. | Foyer. | Total. |
| | | | | Entrée. | Sortie. | | | | | |
| m. | m. | atm. | m. | m. | m. | | m. | m.q. | m.q. | m.q. |
| 0,32 | 0,45 | » | » | » | » | 111 | 2,54 | 45,90 | 6,14 | 52,04 |
| 0,35 | 0,31 | 5,00 | 0,255 | 0,033 | 0,060 | 160 | 3,68 | 63,51 | 5,10 | 68,40 |
| 0,38 | 0,56 | 9,10 | » | » | » | 184 | 3,32 | 96,60 | 9,90 | 103,50 |
| 0,38 | » | » | 0,270 | 0,032 | 0,060 | 152 | 3,40 | 86,00 | 7,00 | 93,00 |
| 0,40 | 0,52 | » | 0,320 | » | » | 174 | 3,41 | 83,32 | » | » |
| 0,38 | 0,56 | » | » | » | » | 184 | 3,41 | 87,32 | 8,43 | 93,75 |
| 0,38 | 0,56 | 4,00 | » | » | » | 113 | 2,69 | 43,50 | 6,38 | 50,08 |
| 0,36 | 0,42 | » | » | » | » | 121 | 2,30 | » | » | » |
| 0,38 | 0,65 | » | » | 0,03 | 0,050 | 108 | 2,52 | 47,68 | » | » |
| 0,35 | 0,45 | 5,00 | 0,177 | 0,032 | 0,040 | 107 | 2,34 | 44,43 | 5,00 | 49,43 |
| 0,34 | 0,46 | » | 0,300 | 0,04 | 0,065 | 151 | 3,08 | 67,04 | » | » |
| 0,35 | 0,46 | 5,00 | » | » | » | 153 | 2,34 | 48,00 | 5,05 | 53,03 |
| 0,35 | 0,46 | » | 0,191 | 0,043 | 0,057 | 89 | 2,55 | 37,86 | 5,76 | 43,62 |
| 0,35 | 0,56 | » | 0,240 | 0,034 | 0,069 | 120 | 4,15 | 70,00 | » | » |
| 0,38 | 0,56 | 9,10 | » | » | » | 175 | » | » | » | 107,00 |
| 0,30 | 0,46 | » | 0,152 | 0,025 | 0,044 | 96 | » | » | » | » |
| 0,38 | 0,46 | » | 0,267 | 0,029 | 0,057 | 135 | 2,76 | » | » | » |
| 0,40 | 0,32 | » | 0,300 | 0,28 | 0,070 | 202 | 3,11 | 88,47 | » | » |
| 0,36 | 0,52 | » | 0,320 | 0,28 | 0,062 | 181 | 3,11 | 79,27 | 8,90 | 87,17 |
| 0,38 | 0,56 | 7,00 | » | » | » | 172 | 3,38 | 88,00 | 7,00 | 95,00 |
| 0,38 | 0,56 | 7,00 | 0,340 | 0,035 | 0,065 | 163 | 2,30 | 60,55 | 7,00 | 67,53 |
| 0,38 | 0,56 | 6,00 | 0,250 | 0,04 | 0,076 | 125 | 3,80 | 74,60 | 3,08 | 79,68 |
| 0,38 | 0,60 | 6,00 | 0,300 | 0,04 | 0,080 | 145 | 3,48 | 70,25 | 5,90 | 82,15 |
| 0,40 | 0,60 | 8,00 | 0,310 | » | » | 156 | 3,33 | 79,19 | 6,778 | 86,00 |
| 0,35 | 0,35 | » | 0,305 | 0,052 | 0,055 | 143 | 2,86 | 58,87 | 5,79 | 64,66 |
| 0,34 | 0,35 | » | 0,25 | 0,075 | 0,065 | 105 | 3,80 | 34.60 | 5,09 | 39,69 |
| 0,38 | 0,56 | » | 0,250 | 0,04 | 0,076 | 151 | 2,95 | 65,77 | 7,00 | 72,77 |
| 0,36 | 0,46 | 3,00 | 0,230 | 0,043 | 0,073 | 121 | » | 57,70 | 5,30 | 63,203 |
| 0,373 | 0,52 | 5,00 | 0,250 | 0,034 | 0,068 | 140 | 2,76 | 49,90 | 4,86 | 53,86 |
| 0,33 | 0,49 | 3,00 | 0,190 | 0,054 | » | 103 | 2,65 | 42,81 | 6,19 | 49,03 |
| 0,36 | 0,54 | 6,00 | 0,250 | 0,04 | 0,076 | 149 | 3,11 | 65,56 | 6,62 | 72,18 |
| 0,40 | 0,60 | 8,00 | 0,280 | 0,035 | 0,065 | 182 | 3,35 | 72,24 | 5,79 | 77,94 |
| 0,40 | 0,60 | 8,00 | 0,280 | 0,035 | 0,065 | 182 | 3,16 | 68,00 | 6,56 | 74,56 |
| 0,38 | 0,56 | » | 0,25 | 0,027 | 0,030 | 138 | 3,20 | 71,2 | » | » |

*Suite du*

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES DESSERVIES. | GRILLE. | | Hauteur de la grille au 1er rang de tubes. | CHEMINÉE. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur au-dessus de la boîte à fumée. |
| | | | | m | m. | m. | m. | m. |
| 1 | Stephenson. | 1838 | Saint-Germain. | 1,00 | 1,05 | » | » | » |
| 2 | *Id.* | 1843 | Orléans. | 0,925 | 0,92 | 0,56 | 0,33 | 1,92 |
| 3 | *Id.* | 1851 | South-Eastern. | 1,21 | 1,006 | » | 0,45 | 1,50 |
| 4 | *Id.* | 1855 | Méditerranée. | » | » | 0,60 | 0,40 | 1,70 |
| 5 | *Id.* | » | Berwick. | 1,14 | 1,00 | » | 0,34 | 1,92 |
| 6 | *Id.* | » | South-Eastern. | 1,22 | 1,06 | » | » | » |
| 7 | Creuzot. | » | Saint-Germain. | 0,92 | 1,07 | » | » | » |
| 8 | Tourasse. | 1841 | Saint-Étienne. | surface, 0mq,830 | | » | » | » |
| 9 | Hawthorn. | » | » | 0,825 | 1,055 | 0,77 | 0,55 | » |
| 10 | *Id.* | 1842 | Orléans. | 0,82 | 1,055 | 0,518 | 0,32 | 1,56 |
| 11 | *Id.* | 1850 | Great-Northern. | 1,20 | 1,00 | » | 0,30 | 1,50 |
| 12 | Sharp. | 1840 | Versailles (R. G.). | 0,91 | 1,01 | 0,54 | 0,35 | 1,68 |
| 13 | *Id.* | 1843 | Orléans. | 0,918 | 1,083 | 0,63 | 0,37 | 1,70 |
| 14 | *Id.* | 1845 | *Id.* | 0,96 | 1,00 | » | 0,35 | 1,70 |
| 15 | *Id.* | 1850 | South-Eastern. | » | » | » | » | » |
| 16 | Bury. | ancien | South-Western. | 0,76 | 1,09 | » | 0,30 | » |
| 17 | Fairbairn. | » | *Id.* | 1,00 | » | 0,46 | 0,35 | 1,78 |
| 18 | *Id.* | 1850 | Shrewsbury. | 1,21 | » | 0,71 | 0,38 | 1,20 |
| 19 | Gooch. | » | South-Western. | 1,03 | 1,08 | 0,507 | 0,38 | 1,89 |
| 20 | Poucelet (Régnier). | 1855 | Belgique | 1,00 | 1,03 | » | » | » |
| 21 | Zamant. | 1855 | *Id.* | 1,05 | 1,03 | » | » | » |
| 22 | Cail. | 1847 | Est. | 0,92 | 0,914 | 0,65 | 0,53 | 1,71 |
| 23 | *Id.* | 1848 | Lyon. | 1,05 | 0,90 | 0,69 | 0,38 | 1,80 |
| 24 | *Id.* | 1854 | *Id.* | 1,184 | 1,018 | » | » | » |
| 25 | Boddicum. | 1840 | Rouen. | 1,016 | 1,067 | 0,512 | 0,33 / 0,35 | 1,87 |
| 26 | Hallette. | 1849 | Troyes. | 0,92 | 0,92 | 0,50 | 0,32 | » |
| 27 | Kœchlin. | » | Tours. | 1,00 | 0,90 | 0,76 | 0,34 | 1,82 |
| 28 | *Id.* | ancien | Alsace. | 0,80 | 1,085 | » | » | » |
| 29 | Atelier du chemin de fer. | 1851 | *Id.* | 0,81 | 1,07 | » | 0,33 | 1,70 |
| 30 | Gavé. | 1838 | Versailles. | 1,20 | 1,08 | 0,63 | 0,33 | » |
| 31 | *Id.* | 1849 | Est. | 1,25 | 0,914 | 0,65 | 0,35 | 1,87 |
| 32 | *Id.* (Plans de Polonceau) | 1854 | Orléans. | 1,00 | 1,05 | 0,60 | 0,40 | 1,998 |
| 33 | Polonceau. | 1855 | *Id.* | 1,10 | 1,00 | 0,66 | 0,40 | 1,94 |
| 34 | Allan. | » | North-Western. | 0,91 | 1,06 | 0,37 | 0,38 | » |

*tableau G.*

| CHAMBRE de vapeur. | POIDS Total. | Réparti sur les roues. Avant. | Milieu. | Arrière. | SYSTÈMES DE LA MACHINE. |
|---|---|---|---|---|---|
| litres. | ton. | ton. | ton. | ton. | |
| » | » | » | » | » | Chaudière à dôme, mécanisme intér., longer. extér. |
| 820 | 22,30 | 5,812 | 8,436 | 8,046 | Longerons intérieurs, cylindres extérieurs. |
| » | 26,14 | 8,00 | 8,00 | 10,14 | Crampton, à axe libre. (V. Clarkes, pl. 29.) |
| » | » | » | » | » | Longerons extérieurs, mécanisme intérieur |
| » | 25,50 | 8,50 | 11,00 | 6,00 | Cyl. extér. Le reste du méc. et les long. extérieurs. Système Polonceau. (V. Clarkes et Armengaud.) |
| » | 26,00 | 5,00 | 5,00 | 16,00 | Crampton, à axe libre. (V. Clarkes, pl. 29.) |
| » | 17,00 | » | 9,65 | » | Système Stephenson ordin., méc. intér., longer. ext. |
| » | 19,50 | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | Mécanisme intérieur, longerons extérieurs. |
| » | 22,00 | » | » | » | *Id.* |
| » | 15,00 | » | » | » | Sharp ordinaire, mécan. intér., longerons extér. |
| » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* *Id.* |
| » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* *Id.* |
| » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* *Id.* |
| » | » | » | » | » | Bury, bâtis forgé intér., mécanisme intérieur. |
| » | » | » | » | » | » |
| » | 23,00 | » | » | » | Mécanisme intérieur, longerons extérieurs. |
| » | 19,00 | 6,00 | 8,00 | 5,00 | *Id.* » |
| » | » | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| » | 22,00 | » | » | » | *Id* *Id.* |
| 890 | 23,92 | 7,48 | 10,313 | 6,135 | Cylindres extérieurs, longerons intérieurs. |
| 920 | 25,219 | 9,39 | 11,912 | 3,914 | *Id.* *Id.* |
| 1250 | 28,40 | 12,30 | 12,60 | 3,48 | *Id.* *Id.* |
| » | 17,025 | 6,50 | 8,00 | 2,52 | Buddicum, cylindres, pompes et longerons extér. |
| » | » | » | » | » | Ancien Stephenson, avec chaudière à dôme (n° 1). |
| » | 21,25 | 6,01 | 9,25 | 4,81 | Cylindres et pompes extérieurs, longerons intérieurs. |
| » | » | » | » | » | Sharp, à cylindres extérieurs. |
| » | 17,00 | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| » | 15,00 | » | 9,20 | » | Ancien Stephenson, mécanisme intérieur. |
| » | 23,00 | 8,80 | 10,20 | 4.00 | Comme le n° 27. |
| 2400 | » | » | » | » | Comme le n° 5. |
| » | 25,60 | 9,40 | 12,40 | 3,80 | |
| » | » | » | » | » | Cyl. extér., longer. et mécan. intér. (V. Clarkes.) |

## 1016. Tableau II des principales

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES DESSERVIES. | ROUES. Diamètre. Avant. | Milieu. | Arrière. | Entr'axe. | PISTON. Diamètre. | Course. | LUMIÈRE. Longueur. | Largeur. Entrée. | Sortie. | Pression de la vapeur. | TUBES. Nombre | Longueur. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | m. | m. | m. | m. | m. | m. | m. | m. | m. | atm. | | m. |
| 1 | Cail. . . . . | 1849 | Nord. . . . . . | 1,35 | 1,22 | 2,10 | 4,86 | 0,40 | 0,55 | 0,30 | 0,05 | 0,09 | 7 | 177 | 3,65 |
| 2 | *Id.* . . . . . . | 1854 | Nord. . . . . . | 1,35 | 1,22 | 2,10 | 4,86 | 0,42 | 0,55 | 0,30 | 0,05 | 0,09 | 7 | 173 | 3,65 |
| 3 | *Id.* . . . . . . | 1854 | Est. . . . . . . | 1,35 | 1,20 | 2,30 | 4,30 | 0,40 | 0,56 | 0,30 | 0,05 | 0,09 | 7 | 180 | 3,46 |
| 4 | *Id.* . . . . . . | 1854 | Lyon. . . . . . | 1,36 | 1,22 | 2,10 | 4,68 | 0,42 | 0,60 | 0,30 | 6,05 | 0,09 | 8 | 180 | 5,46 |
| 5 | Stephenson.. | 1850 | North-Western. | » | » | 1,98 | 4,35 | 0,406 | 0,36 | » | » | » | » | » | » |
| 6 | Sharp. . . . | 1852 | North-Western. | » | » | 2,13 | » | 0,40 | 0,55 | » | » | » | 0,16 | » | » |
| 7 | Hawthorn. . | 1850 | North-Western. | 1,14 | 1,14 | 1,98 | 4,70 | 0,406 | 0,55 | » | » | » | » | 158 | » |
| 8 | Beattie. . . . | 1852 | South-Western. | » | 2,12 | » | » | 0,38 | 0,52 | » | » | » | 8 | » | » |
| 9 | Borsig. . . . | 1855 | Prusse. . . . . | 1,56 | 1,97 | 1,36 | » | 0,38 | 0,56 | 0,23 | 0,04 | » | » | 152 | 3,80 |
| 10 | *Id.* . . . . . . | 1856 | Prusse. . . . . | 1,22 | 1,98 | 1,22 | 4,50 | 0,38 | 0,56 | » | » | » | » | » | 4,00 |
| 11 | Kessler.. . . | 1855 | Allemagne. . . | 1,22 | 1,22 | 1,80 | 3,95 | 0,38 | 0,61 | » | » | » | 7 | 168 | 3,34 |
| 12 | Atelier de Carlsruhe. | 1855 | Wurtemberg. . | 1,14 | 1,14 | 2,13 | 4,36 | 0,406 | 0,56 | 0,33 | » | » | 7 | 214 | 3,05 |
| 13 | Cavé. . . . . | 1855 | Est. . . . . . . | 1,30 | 2,00 | 1,00 | 3,87 | 0,38 | 0,56 | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 7 | 168 | 3,01 |
| 14 | Polonceau. . | 1855 | Orléans. . . . . | 1,25 | 2,03 | 1,25 | 4,32 | 0,40 | 0,50 | 0,28 | 0,035 | 0,065 | 8 | 182 | 3,55 |
| 15 | Gouin. . . . | 1858 | Midi . . . . . | 1,10 | 2,00 | 1,50 | 4,70 | 0,42 | 0,56 | 0,31 | 0,04 | 0,075 | 8 | 180 | 3,50 |
| 16 | Cail. . . . . | 1856 | Nord. . . . . . | 1,22 | 1,22 | 2,10 | 5,10 | 4,20 | 5,50 | 0,30 | 0,50 | 0,90 | 7 | 172 | 3,66 |

**locomotives à grande vitesse.**

| SURFACE DE CHAUFFE. | | | GRILLE. | | Hauteur de la grille au 1er rang de tubes. | CHEMINÉE. | | VOLUME | | POIDS | | | | SYSTÈME de la machine |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | sur roues. | | | |
| Tubes. | Foyer. | Totale. | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur au-dessus de la boîte à fumée. | d'eau. | de vapeur. | total. | Avant. | Milieu. | Arrière. | |
| m.q. 94,96 | m q. 7,37 | m.q. 102,34 | m. 1,37 | m. 1,04 | m. 0,58 | m 0,40 | m. 1,95 | litr » | litr. 610 | ton. 27,3 | ton. 10, | ton. 7,0 | ton. 10,3 | Crampton. Tout extér. Doubles longerons. |
| 92,30 | 6,20 | 98,50 | 1,37 | 1,04 | 0,52 | 0,42 | 1,88 | » | 610 | 29,2 | 10,6 | 8,0 | 10,6 | |
| 89,00 | 8,65 | 97,65 | 1,23 | 1,04 | 0,57 | 0,39 | 1,86 | » | » | 28,9 | 10,7 | 7,40 | 10,80 | *Id.* avec bouilleur dans le foyer. |
| 89, | 6,83 | 95,83 | » | » | » | » | » | » | » | 29,3 | 10,9 | 7,11 | 11,31 | *Id.* sans bouilleur. |
| 101,37 | 6,51 | 107,88 | » | » | » | » | » | » | » | 25,52 | 8,52 | 6,0 | 11,0 | Crampton. A axe libre. |
| 102,30 | 13,30 | 115,60 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | Crampton. Comme n°1. Grand foyer à bouill. |
| 80,00 | 9,90 | 89,90 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | Crampton. A axe libre; foyer à bouilleur. |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | Ordinaire. Mécanisme et longerons extér. |
| » | » | 89,46 | » | » | » | » | » | » | » | » | 9,067 | 10,367 | 4,922 | Stephenson. Longer. intér., cyl. extér., foyer à dôme. |
| 89,16 | » | » | 1,02 | » | » | 0,26 | 1,40 | » | » | 24,35 | 9,067 | 10,36 | 4,92 | *Id.* sans dôme. |
| 82,80 | 5,80 | 88,60 | 0,90 | » | » | » | » | » | » | 26 | 10,02 | 5,75 | 10,00 | Crampton. Long. int. mécanisme extér. |
| 87,70 | 6,12 | 94,00 | 1,00 | 1,00 | 0,56 | 0,36 | 2,13 | » | 1840 | 29,5 | 13,50 | 8,00 | 8,00 | *Id.* avec avant-train mobile. |
| 71,83 | 6,34 | 78,19 | 1,23 | 0,99 | 0,75 | 0,40 | 1,58 | 1100 | » | » | » | » | » | Type ordinaire. Cyl. extér., long. intér. |
| 72,25 | 5,79 | 77,94 | 1,265 | 1,05 | 0,60 | 0,40 | 2,00 | 2424 | 1043 | 25 | 9,5 | 12 | 3,5 | *V.* tableau G, n° 32. |
| 91,0 | 7,80 | 98,80 | 1,28 | 1,05 | 0,78 | 0,40 | 1,68 | » | 1160 | 35 | 9,60 | 12,5 | 12,8 | Mach.-tender, longer. int., tout le méc. ext. |
| 94,3095 | 8,8513 | 103,1606 | 1,322 | 1,00 | 0,759 | 0,45 | 1,643 | » | » | 40,70 | 17,90 | 9,90 | 12,90 | *Id.* Méc. de Crampton, 8 roues. |

**1017. Tableau I comparatif des principaux**

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES DESSERVIES. | ROUES motrices. Nombre. | ROUES motrices. Diamètre. | ROUES porteuses. Nombre. | ROUES porteuses. Diamètre. | Écartement des roues extrêmes. | PISTONS. Diamètre. | PISTONS. Course. | Pression de la vapeur dans la chaudière. | LUMIÈRES. Longueur. | LUMIÈRES. Largeur. Entrée. | LUMIÈRES. Largeur. Sortie. | TUBES. Nombre. | TUBES. Longueur. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | m. | | m. | m. | m. | m. | atm. | m. | m. | m. | | m. |
| 1 | Cl. Désormes. | 1846 | Saint-Étienne. . | 6 | 1,20 | 0 | 0 | » | 0,35 | 0,60 | 5 | 0,30 | 0,03 | » | 98 | 3,78 |
| 2 | Stephenson. . | » | Orléans. . . . . | 6 | 1,45 | 0 | 0 | 3,33 | 0,38 | 0,61 | » | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 139 | 3,94 |
| 3 | *Id*. . . . . . | 1840 | » | 4 | 1,42 | 2 | 0,91 | 3,48 | 0,38 | 0,56 | » | 0,28 | 0,038 | 0,100 | » | 3,80 |
| 4 | Atel. de l'Expansion. . | 1848 | Est. . . . . . . . | 6 | 1,42 | 0 | 0 | 3,55 | 0,38 | 0,61 | 6 | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 143 | 3,927 |
| 5 | Cail. . . . . . | 1851 | Est. . . . . . . | 6 | 1,42 | 0 | 0 | 3,35 | 0,38 | 0,61 | 6 | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 143 | 3,927 |
| 6 | *Id*. . . . . . . | 1851 | Lyon. . . . . . . | 6 | 1,50 | 0 | 0 | 3,43 | 0,42 | 0,60 | 7 | 0,31 | 0,042 | 0,084 | 154 | 4,02 |
| 7 | *Id*. . . . . . . | 1854 | Est. . . . . . . . | 6 | 1,43 | 0 | 0 | 3,43 | 0,44 | 0,60 | 7 | 0,31 | 0,042 | 0,084 | 154 | 4,02 |
| 8 | *Id*. . . . . . . | 1854 | Grand-Central. | 6 | 1,30 | 0 | 0 | » | 0,45 | 0,65 | 8 | 0,34 | 0,042 | 0,084 | 197 | 4,30 |
| 9 | Kœchlin. . . . | 1847 | Tours. . . . . . | 6 | 1,50 | 0 | 0 | 3,20 | 0,38 | 0,60 | » | 0,27 | 0,04 | 0,076 | 125 | 3,78 |
| 10 | *Id*. . . . . . . | 1852 | Est. . . . . . . . | 6 | 1,42 | 0 | 0 | 3,40 | 0,42 | 0,61 | 7 | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 166 | 4,01 |
| 11 | *Id*. . . . . . . | 1856 | Est. . . . . . . . | 6 | 1,30 | 0 | 0 | 3,30 | 0,42 | 0,61 | 8 | 0,30 | 0,04 | 0,075 | 168 | 4,05 |
| 12 | Atel. de Mulhouse. . . . | 1856 | Est. . . . . . . . | 4 | 1,45 | 2 | 1,00 | » | 0,42 | 0,61 | 8 | 0,35 | 0,038 | 0,072 | 200 | 3,96 |
| 13 | Creusot. . . . | 1852 | Nord. . . . . . . | 6 | 1,44 | 0 | 0 | 4,70 | 0,46 | 0,68 | 7 | 0,33 | 0,04 | 0,10 | 250 | 3,225 |
| 14 | Buddicum. . | » | » | 6 | 1,52 | 0 | 0 | » | 0,39 | 0,61 | » | » | » | » | 162 | » |
| 15 | Bury. . . . . | 1850 | Great-Northen. | 4 | 1,52 | 0 | 0 | 2,40 | 0,35 | 0,61 | » | » | » | » | 160 | 3,55 |
| 16 | Hawthorn. . | » | North-British . | 6 | 1,52 | 0 | 0 | 4,26 | 0,46 | 0,61 | 7,60 | » | » | » | » | » |
| 17 | Fairbairn. . . | » | North-Western. | 6 | 1,52 | 0 | 0 | » | 0,46 | 0,61 | 9,16 | » | » | » | » | » |
| 18 | Atel. de la Cie. | 1851 | Nord. . . . . . . | 6 | 1,24 | 0 | 0 | 2,90 | 0,38 | 0,61 | 7 | 0,25 | 0,040 | 0,076 | 156 | 3,73 |
| 19 | Polonceau. . . | » | Orléans. . . . . . | 4 | 1,50 | 2 | 1,00 | 3,125 | 0,44 | 0,60 | » | 0,32 | 0,038 | 0,070 | 180 | 3,76 |
| 20 | *Id*. . . . . . . | 1854 | Orléans. . . . . . | 6 | 1,35 | 0 | 0 | 4,20 | 0,42 | 0,65 | 8 | 0,26 | 0,035 | 0,065 | 198 | 3,215 |
| 21 | *Id*. . . . . . . | 1854 | Orléans. . . . . . | 6 | 1,37 | 0 | 0 | 3,34 | 0,42 | 0,65 | 8 | 0,28 | 0,035 | 0,065 | 204 | 4,193 |
| 22 | Sharp. . . . . . | » | » | 6 | 1,52 | 0 | 0 | » | 0,45 | 0,61 | » | » | » | » | 135 | 4,20 |
| 23 | *Id*. . . . . . . | » | Manchester. . . . | 6 | 1,52 | 0 | 0 | 3,65 | 0,456 | 0,60 | » | 0,28 | 0,027 | 0,112 | 133 | 3,75 |
| 24 | Sturrok. . . . | » | Great-Northern. . | 6 | 1,52 | 0 | 0 | 4,85 | 0,40 | 0,60 | 9 | 0,35 | 0,027 | 0,087 | 187 | 3,26 |
| 25 | Allan. . . . . | 1846 | North-Western. . | 4 | 1,82 | 2 | 0,91 | 3,80 | 0,38 | 0,53 | » | 0,25 | 0,032 | 0,062 | 138 | 2,73 |
| 26 | Haswell. . . . | 1855 | Autriche. . . . . | 6 | 1,14 | 0 | 0 | 3,61 | 0,46 | 0,63 | 8 | 0,30 | 0,038 | 0,076 | 161 | 4,50 |

**types de locomotives à marchandises.**

| SURFACE DE CHAUFFE. | | | GRILLE. | | Hauteur de la grille au 1er rang de tubes. | CHEMINÉE. | | Chambre de vapeur. | Poids total. | CHARGE SUR LES ROUES. | | | SYSTÈME de la machine. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tubes. | Foyer. | Totale. | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur au dessus de la boîte à fumée. | | | Avant. | Milieu. | Arrière. | |
| m q. | m.q. | m q | m q. | m.q | m. | m | m. | m.c. | ton. | ton. | ton. | ton | |
| » | » | 54,00 | 0,72 | 1,00 | 0,60 | 0,28 | 1,70 | » | » | » | » | » | |
| 73,72 | 5,08 | 78,80 | 0,96 | 0,92 | 0,66 | 0,33 | 1,61 | 1,76 | 22,30 | 5,812 | 6,43 | 8,047 | Mécanisme et long. intérieurs. |
| » | » | » | 0,96 | 0,98 | 0,50 | 0,32 | » | » | » | » | » | » | » |
| 80,00 | 6,07 | 86,07 | 1,03 | 0,91 | » | 0,38 | » | » | 25,00 | 8,25 | 8,50 | 8,25 | Mécan. et long. int. |
| 78,84 | 5,92 | 84,75 | 1,05 | 0,908 | » | 0,40 | » | » | 24,00 | 7,57 | 8,0 | 8,25 | *Id.* |
| 90,00 | 7,19 | 99,94 | 1,11 | 0,914 | 0,66 | 0,40 | 1,71 | 1,62 | 26,50 | 8,73 | 9,05 | 8,73 | *Id.* |
| 93,6 | 7,25 | 101,00 | 1,21 | 0,93 | » | 0,43 | 1,38 | » | 27,30 | » | » | » | *Id.* |
| 127,65 | 8,50 | 136,16 | 1,29 | 1,02 | » | » | » | » | » | » | » | » | Cyl. extér., long. et mécan. int. |
| 70,00 | 6,77 | 76,77 | 1,00 | 0,91 | 0,76 | 0,34 | 1,69 | 0,69 | 25,12 | 7,745 | 8,60 | 7,778 | Mécanisme et long. intérieur. |
| 96,67 | 6,74 | 103,41 | 1,20 | 0,93 | » | 0,40 | 1,50 | » | 27,2 | » | » | » | *Id.* |
| 92,00 | 7,02 | 99,02 | 1,20 | 1,00 | » | 0,39 | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 93,26 | 5,63 | 98,90 | 1,18 | 0,97 | » | 0,33 | 1,80 | » | 28,00 | » | » | » | » |
| 115,55 | 9,70 | 125,25 | 1,400 | 1,021 | 0,80 | 0,40 | 1,30 | 1,656 | 32,74 | 12,60 | 12,35 | 7,79 | Mécanisme intér., sauf les pompes. |
| 60,65 | 6,00 | 66,65 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | Cylindre et long. extérieurs. |
| 89,12 | » | » | » | » | » | 0,35 | » | » | » | » | » | » | Mécan, et long. en fer forgé intér. |
| 73,00 | 6,31 | 79,31 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 132,00 | 11,16 | 143,22 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| » | » | 92,00 | 1,27 | 0,916 | 0,6 | 0,58 | 1,76 | » | 25,00 | 8,00 | 8,5 | 6,5 | Cyl. extér., long. intér. |
| 90,40 | 6,25 | 96,65 | 1,02 | 0,92 | 0,55 | 0,40 | 1,96 | 1,120 | 25,86 | 10,028 | 7,226 | 8,60 | Cyl int., méc. et long. extér. |
| » | 6,73 | » | 1,025 | 1,07 | » | 0,40 | » | » | » | » | » | » | Cyl. ext., méc. et long. extér. |
| 115,00 | 7,89 | 123,00 | 1,10 | 1,07 | 0,75 | 0,42 | 1,80 | 1,530 | 31,00 | 10,18 | 10,56 | 10,18 | Cyl. ext., méc. et long. extér. |
| 98,00 | » | » | Surf. | 1,10 | » | » | » | » | » | » | » | » | Long. ext., cyl. et méc. extér. |
| » | 9,35 | » | 1,12 | 0,96 | 0,78 | 0,375 | 1,52 | » | 26,50 | 6,5 | 9,5 | 8,5 | Long. ext., méc. int., foy. à bouill. |
| » | 10,13 | » | 1,38 | 1,08 | » | 0,35 | 1,52 | » | 29,50 | 10,5 | 11,5 | 7,5 | Long. ext., méc. int., foy. à bouill. |
| » | » | » | 0,91 | 1,06 | » | 0,375 | 1,45 | » | 19,50 | 5,73 | 9,0 | 4,25 | Type Buddicum. |
| 121,00 | 6,79 | 127,00 | 1,24 | 0,92 | 0,40 | 0,45 | 1,92 | » | 34,80 | 8,84 | 8,51 8,51 | 8,96 | Long. int., méc. et cyl. ext. Chauffé au bois. |

## 1018. Tableau J contenant la comparaison

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES desservies. | DIAMÈTRE des roues: d'avant. | du milieu. | d'arrière. | Écartement des roues extrêmes. | PISTONS. Diamètre. | Course. | Pression de la vapeur. | LUMIÈRES. Longueur. | Largeur à l'entrée. | Largeur à la sortie. | TUBES. Nombre. | Longueur. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | m. | m. | m. | m. | m | m. | atm. | m. | m. | m. | | m. |
| 1 | Kœchlin. . . | 1856 | Est. . . . . . | 1,30 | 1,68 | 1,68 | 3,52 | 0,42 | 0,56 | 8 | 0,30 | 0,04 | 0,075 | 166 | 4,036 |
| 2 | *Id.* . . . . . . | 1855 | Genève. . . . | 1,21 | 1,68 | 1,68 | 3,50 | 0,40 | 0,56 | 7 | 0,30 | 0,04 | 0,075 | 152 | 3,92 |
| 3 | Gonin. . . . . | 1856 | Ouest. . . . . | 1,65 | 1,65 | 1,10 | 3,41 | 0,40 | 0,50 | 7 | 0,32 | 0,04 | 0,085 | 145 | 3,93 |
| 4 | *Id.* . . . . . . | 1855 | » | 1,30 | 1,50 | 1,10 | 4,00 | 0,38 | 0,56 | 8 | 0,28 | 0,045 | 0,085 | 163 | 3,40 |
| 5 | *Id.* . . . . . . | 1849 | Lyon. . . . . | 1,82 | 1,82 | 1,10 | 4,23 | 0,40 | 0,56 | » | 0,305 | 0,046 | 0,086 | 155 | 3,22 |
| 6 | Cavé. . . . . | 1848 | Ouest. . . . . | 1,10 | 1,60 | 1,60 | 3,44 | 0,38 | 0,56 | 6 | 0,25 | 0,04 | 0,075 | 145 | 3,92 |
| 7 | Egestorff (à Hanovre). . | 1855 | Portugal. . . | 1,02 | 1,46 | 1,46 | 3,35 | 0,40 | 0,60 | 7 | » | » | » | 162 | 4,05 |
| 8 | Creusot. . . . | 1852 | Est. . . . . . | 1,20 | 1,68 | 1,68 | 3,56 | 0,42 | 0,36 | 8 | 0,25 | 0,04 | 0,076 | 143 | 4,037 |
| 9 | Kitson(Angl.) | » | Leeds. . . . . | 1,36 | 1,80 | 1,80 | 4,50 | 0,40 | 0,35 | » | 0,35 | 0,035 | 0,053 | 147 | 3,25 |
| 10 | Hawthorn (à Newcastle). | » | Great-North. | 1,82 | 1,82 | » | 4,57 | 0,40 | 0,55 | » | » | » | » | » | » |
| 11 | Buddicom. . . | 1854 | » | » | » | » | 3,72 | 0,43 | 0,56 | 7 | 0,305 | 0,038 | 0,076 | 190 | 3,418 |
| 12 | Atel. du chemin de fer. | 1854 | Bâle (franç.). | 1,82 | 1,82 | 1,20 | » | 0,42 | 0,00 | » | 0,29 | 0,04 | 0,07 | 200 | 3,95 |
| 13 | Cail. . . . . . | 1854 | Est. . . . . . | 1,70 | 1,70 | 1,20 | 4,235 | 0,42 | 0,56 | 7 | 0,31 | 0,042 | 0,084 | 162 | 3,25 |
| 14 | Borsig(Berlin) | » | Prusse. . . . | » | 1,59 | 1,59 | 3,349 | 0,405 | 0,60 | » | » | » | » | 186 | 4,195 |
| 15 | *Id.* . . . . *Id* | » | Prusse. . . . | » | 1,82 | 1,82 | » | 0,390 | 0,56 | » | » | » | » | 152 | 3,325 |
| 16 | Wœhler. *Id.* | » | Prusse. . . . | » | » | » | 3,274 | 0,390 | 0,56 | » | » | » | » | 184 | 4,287 |
| 17 | Cl. Désormes (à Lyon). | 1843 | St.-Étienne. . | 1,50 | 0 | 1,50 | » | 0,35 | 0,60 | » | 0,30 | 0,03 | » | 98 | 3,38 |
| 18 | Edwards (à Chaillot). . | 1835 | St.-Étienne. . | 1,50 | 0 | 1,30 | » | 0,28 | 0,41 | » | » | » | » | 102 | 2,09 |
| 19 | Bury. . . . . | » | Birmingham. | 1,90 | 0 | 1,90 | 2,30 | 0,40 | 0,56 | » | 0,18 | 0,035 | 0,070 | 97 | 3,50 |
| 20 | Borsig. . . . . | 1834 | Bavière. . . . | » | 1,25 | 1,25 | 4,235 | 0,42 | 0,56 | 7 | 0,31 | 0,042 | 0,084 | 162 | 3,25 |
| 21 | Gonin. . . . . | 1854 | Midi. . . . . | | | | 4,70 | 0,41 | 0,56 | 7 | 0,31 | | | 180 | 3,50 |

**de diverses locomotives mixtes.**

| SURFACE DE CHAUFFE. | | | GRILLE. | | Hauteur de la grille au 1er rang de tubes. | CHEMINÉE. | | Chambre de vapeur. | Poids total. | RÉPARTITION du poids sur les roues | | | SYSTÈME. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tubes. | Foyer. | Totale. | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur au-dessus de la boîte à fumée. | | | d'avant. | du milieu. | d'arrière. | |
| m q. | m q | m q. | m. | m. | m. | m. | m. | m.c. | ton. | ton. | ton. | ton. | |
| 92,0 | 7,20 | 99,20 | 1,20 | 0,93 | 0,60 | 0,40 | 1,50 | » | 25,00 | 10,6 | 10,4 | 4,00 | Mécan. et longerons int., cyl. ext. |
| 86,3 | 7,2 | 93,50 | 1,164 | » | » | 0,362 | » | » | 28,675 | 8,940 | 9,550 | 10,185 | |
| 73,6 | » | » | 1,12 | 0,90 | 0,68 | 0,34 | 1,63 | » | » | » | » | » | Mouvement et cyl. intér. |
| » | » | » | 1,10 | 0,96 | 0,80 | 0,34 | 1,62 | » | 23,520 | 9.010 | 8,300 | 6,210 | *Id.* |
| 77,60 | 7,86 | 85,46 | 1,20 | 1,042 | 0,87 | 0,40 | 1,91 | 1,54 | 25,426 | 9,09 | 11,06 | 5,27 | *Id.* |
| 80,33 | 5,30 | 85,83 | 1,00 | 0,92 | 0,68 | 0,33 | 1,705 | 1,32 | 23,041 | 7,205 | 10,724 | 5,312 | Mécan. et long. int. |
| 82,5 | 6,40 | 89,00 | 1,10 | 1,03 | » | 0,37 | 1,80 | » | 24,000 | » | 14,50 | » | Mécan. et longerons int., cyl. ext. |
| 82,60 | 6,36 | 89,00 | 1,12 | 0,904 | » | 0,40 | 1,99 | » | 24,78 | 6,09 | 10,00 | 8,60 | Méc. et long. int. |
| 66,15 | 7,88 | 74,03 | 1,29 | 1,08 | 0,83 | 0,33 | 1,52 | » | 26 00 | » | » | » | Méc. int., long. ext. |
| 79,45 | 9,30 | 88,75 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 82,00 | 3,31 | 87,31 | 1,20 | 0,98 | 0,325 | 0.41 | 1,658 | » | » | » | » | » | » |
| 93,26 | 3,63 | 98,89 | 1,10 | 0,93 | 0,53 | 0,33 | 1,83 | 6 | 24,00 | » | » | » | » |
| 77,73 | 7,41 | 85,15 | 1,20 | 1,03 | » | 0,42 | 1,35 | 4 | 24,0 | 10,3 | 11,0 | 3,6 | Mécan. et long. int. |
| 98,77 | » | » | 1,131 | 1,042 | » | » | » | » | » | » | » | » | Cyl. ext., longer. et mécan. intér. |
| 64,00 | » | » | 1,256 | 0,93 | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 100,00 | » | » | 1,282 | 1,00 | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 47,00 | 0,80 | » | 0,60 | 0,28 | 1,70 | » | » | » | » | » | » |
| 25,43 | 3,31 | 28,74 | 0m q,306 | | » | » | » | » | 9,23 | » | » | » | Mécan. et long. int. |
| » | » | » | » | » | 0,60 | » | 2,13 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 77,73 | 7,41 | 85,15 | 1;20 | 1,05 | » | 0,42 | » | » | » | » | » | » | Cyl. ext., méc. et long. intér. |
| 91,00 | 7,80 | 99, | 1,28 | 1,05 | 0,78 | 0,40 | 1,68 | » | » | » | » | » | Voir table H, n° 15. |

## 1019. Tableau K. — Locomotives diverses

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES DESSERVIES. | ROUES motrices Nombre. | ROUES motrices Diamètre. | ROUES porteuses Nombre. | ROUES porteuses Diamètre. | Écartement des roues extrêmes. | PISTONS. Diamètre. | PISTONS. Course. | Pression dans la chaudière. | LUMIÈRES. Longueur. | LUMIÈRES. Largeur à l'admission. | LUMIÈRES. Largeur au départ. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | m. | | m. | m. | m. | m. | atm. | m. | m. | m. |
| 1 | Fairbairn. . . . . | 1851 | » | 2 | 1,52 | 4 | 1.06 | » | 0,25 | 0,37 | » | » | » | » |
| 2 | Hawthorn. . . . . | » | » | 4 | 1,68 | 2 | 1,08 | 4,10 | 0,34 | 0,34 | » | 0,28 | » | » |
| 3 | Kitson. . . . . . . | 1851 | Eastern Countries. | 2 | 1,80 | 4 | 1,080 | 4,10 | 0,24 | 0,35 | » | » | » | » |
| 4 | Kitson et Adams. | 1851 | » | 2 | 1,52 | 2 | 0,914 | » | 0,220 | 0,38 | » | » | » | » |
| 5 | Crampton. . . . . | 1049 | » | 2 | 1,52 | 2 | 1,066 | 3,65 | 0,304 | 0,43 | 7 | 0,23 | 0,05 | » |
| 6 | Price (à Anvers). | » | Anvers à Gand. . | 2 | 1,40 | 4 | 1,15 | 3,60 | » | 0,44 | » | » | » | » |
| 7 | Flachat. . . . . . | 1852 | Auteuil. . . . . . | 2 | 1,00 | 4 | 1,00 | 3,55 | 0,32 | 0,41 | » | 0,20 | 0,027 | 0,07 |
| 8 | Flachat. . . . . . | 1853 | Auteuil. . . . . . | 2 | 1,00 | 4 | 1,00 | » | 0,38 | 0,47 | » | 0,23 | 0,04 | 0,06 |
| 9 | Cavé. . . . . . . . | 1054 | Dôle à Salins. . . | 2 | 1,70 | 2 | 1,10 | 3,30 | 0,32 | 0,50 | 8 | 0,22 | 0,032 | 0,070 |
| 10 | Sinclair (Angl.) . | » | Caledonian. . . . . | 2 | 1,50 | 4 | 0,93 | 3,90 | 0,228 | 0,38 | » | 0,203 | 0,023 | 0,050 |
| 11 | Gooch (Angl). . . | » | Eastern Countries. | 2 | 1,97 | 4 | 1,01 | 4,20 | 0,304 | 0,530 | » | 0,28 | 0,027 | 0,050 |
| 12 | Stephenson. . . . . | » | » | 2 | 1,52 | 2 | 0,93 | 5,10 | 0,28 | 0,456 | » | 0,203 | 0,027 | 0,036 |
| 13 | Atel. du ch. de fer. | 1853 | Nord. . . . . . . . | 4 | 1,74 | 2 | 1,04 | 4,22 | 0,38 | 0,56 | 7 | 0,23 | 0,04 | 0,076 |
| 14 | Flachat. . . . . . | 1854 | Auteuil. . . . . . | 4 | 1,60 | 2 | 0,93 | 3,65 | 0,46 | 0,70 | 8 | 0,35 | 0,043 | 0,09 |
| 15 | Gouin. . . . . . . | 1853 | Ouest. . . . . . . . | 4 | 1,60 | 2 | » | 4,00 | 0,40 | 0,56 | 7,50 | 0,25 | 0,043 | 0,08 |
| 16 | Gouin. . . . . . . | 1856 | Ouest. . . . . . . | 4 | 1,60 | 2 | 1,100 | 4,00 | 0,40 | 0,56 | 8 | 0,30 | 0,043 | 0,073 |
| 17 | Seralug (Meyer). . | 1853 | Victor-Emmanuel. | 4 | 1,20 | 0 | 0 | 2,60 | 0,41 | 0,60 | 9 | 0,29 | 0,040 | 0,078 |
| 18 | Stephenson. . . . | 1836 | Ligne d'Anzin à Denain. . . . | 4 | 1,800 | 2 | 1,200 | » | 0,254 | 0,406 | 4 | 0,162 | 0,020 | 0,036 |
| 19 | Cail. . . . . . . . | 1849 | Ligne d'Anzin à Denain. . . . | 4 | 1,238 | 0 | 0 | » | 0,300 | 0,320 | 6 | 0,21 | 0,030 | 0,030 |
| 20 | Atelier d'Anzin. . | 1834 | Ligne d'Anzin à Denain. . . . | 4 | 1,238 | 0 | 0 | » | 0,353 | 0,520 | 6,15 | 0,260 | 0,033 | 0,046 |

pour petites lignes et banlieue.

| Tubes. | | Surface de chauffe. | | | Grille. | | Hauteur de la grille au 1er rang des tubes. | Cheminée. | | Volume de vapeur dans la chaudière. | Charges sur les roues. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre. | Longueur. | Tubes. | Foyer. | Totale. | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur au-dessus de la boîte à fumée. | | Poids total. | Avant. | Milieu. | Arrière. |
| | m. | mq. | mq. | mq. | m. | m. | m. | m. | m. | lit. | ton. | ton | ton. | ton. |
| 88 | 2,40 | » | » | 44 | 0,75 | 0,91 | » | » | » | » | » | » | 15,000 | » |
| 163 | 2,85 | » | » | » | 0,82 | 1.00 | » | 0,30 | 1,70 | » | » | » | » | » |
| 105 | 3,047 | 49,74 | 5,75 | 55,49 | » | » | 0,42 | 0,32 | 2,50 | » | 16 | 5 | 7 | 4 |
| 83 | 3,047 | 42,31 | 3,61 | 45,92 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 90 | 2,76 | » | » | » | 0,79 | 0,812 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 79 | 4,63 | » | » | » | 0,70 | 0,70 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 95 | 2,30 | 60 | 8 | 68 | 0,95 | 0,90 | 0,62 | » | » | » | 23 | 7 | 10 | » |
| 150 | 2,30 | 65 | 6,50 | 71,50 | 1,10 | 0,95 | 0,50 | » | » | » | 24 | 7 | 10 | 7 |
| 150 | 2,36 | 45,25 | 4,86 | 50,11 | 2,96 | 0,96 | 0,70 | 0,32 | 1,62 | 595 | » | » | » | » |
| 98 | 3,11 | 34 | 3,99 | 37,99 | 0,70 | 1,015 | 0,55 | 0,25 0,33 | 1,82 | » | » | » | » | » |
| 123 | 2,50 | 43,5 | 4,99 | 48,50 | 0,88 | 0,96 | 0,609 | 0,30 | 1,82 | » | 24,75 | 6,25 | 9 | 7,30 |
| 115 | 3,31 | 46 | » | » | 0,68 | 1,09 | » | 0,30 | 0,98 | » | 13 | 4,30 | 0 | 8,6 |
| 125 | 3,80 | 68,10 | 6,25 | 74,35 | 0,99 | 0,915 | 0,74 | 0,32 | 1,85 | 1460 | 31,6 | 7,6 | 11 | 13 |
| 130 | 3,20 | 66 | 6,60 | 72,60 | 1,93 | 0,92 | 0,60 | » | » | » | 32 | 12 | 12 | 8 |
| 152 | 3,14 | » | » | » | 1,06 | 1,010 | 0,92 | 6,40 | » | » | » | » | » | » |
| 161 | 3,35 | » | » | » | 1,13 | 1,00 | 0,70 | 0,42 | 1,65 | » | 26,8 | 11,3 | 12 | 3,3 |
| 133 | 3,42 | 71,6 | 7,74 | 79,34 | 1,41 | 1,07 | » | 0,38 | » | » | 24 | 12 | » | 12 |
| 70 | 2,550 | 22,24 | 3,80 | 26,04 | 1,030 | 0,500 | 0,710 | 0,280 | 1,920 | 440 | 9,000 | | | |
| 121 | 2,860 | 49,98 | 4,28 | 54,22 | 0,965 | 0,850 | 0,500 | 0,310 | 1,600 | 327 | 12,850 | Également réparti. | | |
| 131 | 2,570 | 52,85 | 6,49 | 59 34 | 1,100 | 0,940 | 0,830 | 0,320 | 1,655 | 945 | 28,000 | | | |

## *Suite du tableau K.*

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | CAISSE à eau. | CAISSE à coke. | OBSERVATIONS. Système de la machine. | OBSERVATIONS. Position des caisses à eau. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fairbairn. . . . . . . . | » | » | » | » |
| 2 | Hawthorn. . . . . . . | 1626 | 1630 | Mécanisme intér., long. extér. | Sous la plate-forme du mécanic. |
| 3 | Kitson. . . . . . . . | 1922 | » | » | » |
| 4 | Kitson et Adams. . . | » | » | » | » |
| 5 | Crampton. . . . . . . | » | » | Mécanisme extérieur. | Sous la chaudière. |
| 6 | Price. . . . . . . . . | » | » | Cylindre extérieur contre le foyer. | Enveloppant la chaudière. |
| 7 | Flachat. . . . . . . . | » | » | Mécanisme intérieur. | Caisses latérales et sous la plate-forme. |
| 8 | Flachat. . . . . . . . | » | » | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | |
| 9 | Cavé. . . . . . . . . | » | » | Mécanisme Crampton. | |
| 10 | Sinclair. . . . . . . . | 2850 | 885 | Mécanisme extérieur. | Sous la chaudière et sous la plate-forme. |
| 11 | Gooch. . . . . . . . | 1911 | » | Mécanisme extérieur. | |
| 12 | Stephenson. . . . . . | » | » | Mécanisme Crampton. | Sous la chaudière seule. |
| 13 | Atel. du chem. de fer. | 3500 | 1000 | Cylindres extérieurs. | Sous la plate-forme et derrière le foyer. |
| 14 | Flachat. . . . . . . . | » | » | Mécanisme extérieur. | Sous la chaudière et sous la plate-forme. |
| 15 | Gouin. . . . . . . . . | » | » | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | *Id.* (Supprimé depuis.) |
| 16 | Gouin. . . . . . . . . | 2500 | » | » | Sous la chaudière et sous la plate-forme. |
| 17 | Seraing (Meyer). . . | 3500 | 2000 | *Id.* . . . . . . . . . . . . . . . | *Id.* |
| 18 | Stephenson. . . . . . | 7161 | 1050 | Mécanisme intér., longer. extér. | Sur un tender ordinaire. |
| 19 | Cail. . . . . . . . . | 2900 | 1845 | Cylindres extér., longer. extér. | *Id.* |
| 20 | Atelier d'Anzin. . . | 3900 | 2500 | » | » |

**1020. Tableau L comparatif de diverses locomotives pour le service des gares.**

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES desservies. | ROUES. | | | PISTONS. | | Pression de la vapeur de la chaudière. | LUMIÈRES. | | | TUBES. | | | SURFACE DE CHAUFFE. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nombre. | Diamètre. | Écartement des essieux extrêmes. | Diamètre. | Course. | | Longueur. | Largeur. Entrée. | Largeur. Sortie. | Nombre. | Longueur. | Diamètre intérieur. | Tubes. | Foyer. | Totale. |
| | | | | | m. | m. | m. | m. | atm. | m. | m. | m. | | m. | m. | m.q. | m.q. | m.q. |
| 1 | Kœchlin. | 1847 | Nord. | 6 | 1,06 | 2,60 | 0,40 | 0,46 | 7,00 | 0,50 | 0,043 | 0,075 | 123 | 3,15 | 0,046 | » | » | » |
| 2 | Gouin. | 1855 | *Id.* | 6 | 1,06 | 2,56 | 0,40 | 0,46 | » | 0,50 | 0,043 | 0,075 | 123 | 3,05 | 0,046 | » | » | » |
| 3 | Régnier-Poncelet. | 1856 | *Id.* | 4 | 1,06 | 2,60 | 0,38 | 0,56 | 7,00 | » | » | » | 119 | » | 0,046 | » | » | » |
| 4 | Kœchlin. | 1854 | Est. | 6 | 1,05 | 2,60 | 0,40 | 0,46 | 7,00 | » | » | » | 154 | 3,12 | 0,046 | 58,04 | 5,057 | 63,10 |
| 5 | Atelier de la Cᵉ. | 1856 | *Id.* | 6 | 1,05 | 2,60 | 0,40 | 0,46 | 8,00 | » | » | » | 137 | 3,36 | 0,046 | 62,90 | 4,07 | 67,80 |
| 6 | Polonceau. | 1853 | Orléans. | 4 | 1,05 | 2,60 | 0,40 | 0,46 | 7,00 | 0,20 | 0,035 | » | 139 | 3,16 | 0,043 | 55,44 | 4,12 | 59,56 |
| 7 | Gouin. | 1856 | Midi. | 4 | 1,20 | 2,40 | 0,40 | 0,46 | 7,00 | » | » | » | 125 | 3,08 | 0,046 | 64,19 | 5,14 | 69,33 |

*Suite du tableau L.*

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Année de la construction. | LIGNES desservies. | GRILLE. | | Hauteur sous le premier rang de tubes. | CHEMINÉE. | | Longueur de la machine. | POIDS | | | | CONTENANCE des caisses | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Longueur. | Largeur. | | Diamètre. | Hauteur. | | sur les roues. Avant. | sur les roues. Milieu. | sur les roues. Arrière. | Total. | à eau. | à coke. |
| | | | | m. | m. | m. | m. | m. | m. | ton. | ton. | ton. | ton. | lit. | lit. |
| 1 | Kœchlin. | 1847 | Nord. | 0,86 | 0,96 | 0,65 | 0,33 | 1,75 | » | 3,90 | 8,30 | 8,10 | 22,30 | » | » |
| 2 | Gouin. | 1855 | *Id.* | 0,88 | 0,90 | 0,55 | 0,34 | 1,75 | 6,50 | » | » | » | » | » | » |
| 3 | Régnier-Poncelet. | 1856 | *Id.* | 0,90 | 0,96 | » | » | » | » | 11,24 | » | 12,02 | 23,26 | 1500 | » |
| 4 | Kœchlin. | 1854 | Est. | 0,97 | 0,92 | » | 0,35 | 1,94 | 6,50 | » | » | » | 26,60 | 3500 | » |
| 5 | Atelier de la Cᵉ. | 1856 | *Id.* | 0,92 | 0,92 | » | » | » | 7,48 | » | » | » | » | » | » |
| 6 | Polonceau. | 1853 | Orléans. | 0,92 | 0,92 | 0,50 | 0,35 | 1,98 | » | » | » | » | » | » | » |
| 7 | Gouin. | 1856 | Midi. | 0,90 | 0,92 | 0,62 | 0,40 | 1,98 | 6,50 | » | » | » | 28,00 | 2711 | 2600 |

## 1021. Tableau M des locomotives

| | Constructeurs. | Année de la construction. | Lignes desservies. | Roues motrices Nombre. | Roues motrices Diamètre. | Roues porteuses Nombre. | Roues porteuses Diamètre. | Écartement des roues extrêmes. | Pistons Nombre. | Pistons Diamètre. | Pistons Course. | Pression dans la chaudière. | Lumières Longueur. | Lumières Largeur Entrée. | Lumières Largeur Sortie. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | m | | m | m. | | m. | m. | at. | m. | m. | m. |
| 1 | Brunel et Gooch. | 1850 | Great-Western. | 2 | 2,44 | 6 | 1,219 | 5,44 | 2 | 0,45 | 0,60 | 8,5 | 0,325 | 0,050 | » |
| 2 | *Id.* | 1850 | *Id.* | 4 | 1,82 | 4 | 1,06 | 4,85 | 2 | 0,425 | 0,00 | » | 0,314 | 0,043 | 0,082 |
| 3 | *Id.* | » | *Id.* | 6 | 1,52 | » | » | » | 2 | 0,40 | 0,80 | » | » | » | » |
| 4 | Threvithick. | 1848 | North-Western. | 2 | 2,60 | 8 | » | 5,00 | 2 | 0,425 | 0,61 | 8,5 | » | » | » |
| 5 | Crampton-Bury. | 1850 | *Id.* | 2 | 2,44 | 8 | 1,219 | 5,50 | 2 | 0,45 | 0,61 | 8,5 | » | » | » |
| 6 | Flachat. | 1849 | Saint-Germain | 8 | 1,21 | » | » | 5,22 | 2 | 0,45 | 0,70 | 6,0 | 0,31 | 0,045 | 0,40 |
| 7 | Verpillieux. | 1852 | Saint-Étienne. | 8 | 1,22 | » | » | 1,72<br>1,72 | 4 | 0,28<br>0,22 | 0,75 | » | 0,13<br>0,10 | 0,031<br>0,032 | 0,045 |
| 8 | Maffei. | 1851 | Sœmering. | 14 | 1,10 | » | » | 11,20 | 2 | 0,506 | 0,762 | 9,0 | » | » | » |
| 9 | Seraing. | 1851 | *Id.* | 16 | 1,06 | » | » | » | 4 | 0,40 | 0,57 | » | » | » | » |
| 10 | Gnuthers. | 1851 | *Id.* | 8 | 0,94 | » | » | 7,00 | 4 | 0,33 | 0,65 | » | » | » | » |
| 11 | Meyer (Mulhouse) | 1844 | Nord autrichien. | 2 | 1,264 | 4 | 0,70 | » | 2 | 0,45 | 0,03 | » | 0,23 | 0,04 | » |
| 12 | Gunther (Newstad) | 1855 | Autriche, service de Carrière. | 4 | 0,91 | 2 | 0,85 | » | 2 | 0,30 | 0,50 | 6,5 | » | » | » |
| 13 | Dempfel. | 1850 | Amérique. | 4 | 1,82 | » | » | » | 2 | 0,38 | 0,35 | » | » | » | » |
| 14 | Millholland. | 1852 | *Id.* | 2 | 2,13 | 6 | » | » | 2 | 0,35 | 0,762 | 7,0 | » | » | » |
| 15 | Mac Connell. | 1855 | Nord français. | 2 | 2,13 | 4 | 1,20<br>1,304 | 4,99 | 2 | 0,38 | 0,56 | 7,0 | » | » | » |
| 16 | Blavier-Larpent. | 1855 | Ouest. | 4 | 2,85 | 2 | 1,25 | 4,95 | 2 | 0,45 | 0,80 | 7,0 | » | » | » |
| 17 | Arnoux-Meyer. | 1855 | Orsay. | 4 | 1,50 | 4 | 1,10 | 5,05 | 4 | 0,28<br>0,28 | 0,50<br>0,50 | 8,0 | » | » | » |
| 18 | Stephenson. | 1855 | Berwick. | 2 | 2,02 | 4 | 1,22 | 3,50 | 3 | 0,40<br>0,25 | 0,455<br>0,55 | »<br>» | 0,32<br>0,17 | »<br>» | »<br>» |
| 19 | Seraing (Engerth). | 1854 | Sœmering. | 6 | 1,10 | 4 | 1,00 | 6,014 | 2 | 0,47 | 0,62 | 8,0 | » | » | » |
| 20 | Kessler (Engerth). | 1856 | Midi français. | 6 | 1,31 | 4 | 1,00 | 7,02 | 2 | 0,48 | 0,64 | 8,0 | 0,345 | 0,045 | 0,095 |
| 21 | Seraing (Engerth). | 1855 | Nord. | 8 | 1,26 | 4 | 1,07 | 8,41 | 2 | 0,50 | 0,66 | 8,0 | 0,34 | 0,04 | » |
| 22 | Creusot (Engerth). | 1855 | Lyon. | 8 | 1,30 | 4 | 1,00 | 8,07 | 2 | 0,48 | 0,64 | 8,0 | » | » | » |
| 23 | *Id.* | 1856 | Est et Nord. | 8 | 1,264 | 4 | 1,07 | 9,66 | 2 | 0,50 | 0,66 | 8 | » | » | » |
| 24 | Cavé (Engerth). | 1856 | Nord. | 4 | 1,74 | 6 | 1,050 | 8,00 | 2 | 0,42 | 0,56 | 8,0 | 0,36 | 0,031 | 0,085 |

**exceptionnelles.**

| TUBES. Nombre. | TUBES. Longueur. | SURFACE DE CHAUFFE. Tubes. | SURFACE DE CHAUFFE. Foyer. | SURFACE DE CHAUFFE. Totale. | GRILLE. Longueur. | GRILLE. Largeur. | Hauteur sous le 1er rang de tubes. | CHEMINÉE. Diamètre. | CHEMINÉE. Hauteur au-dessus de la boîte à fumée. | CHAMBRE de vapeur. | POIDS total. | POIDS sur les roues. Avant. | POIDS sur les roues. Milieu. | POIDS sur les roues. Arrière. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. | m q. | m q. | m.q. | | | m. | m. | m. | litr. | ton. | ton. | ton. | ton. |
| 305 | 3,60 | 163,50 | 14,50 | 178,00 | 1,95 | | » | 0,50 | » | » | 31,54 vide. | 6,604 6,604 | 11,074 | 7,264 |
| 209 | 3,50 | » | » | » | m. 1,23 | m. 1,42 | » | 0,125 | 1,74 | » | 35,00 plein | 14,50 | » | 21,50 |
| 216 | » | 105,70 | 11,501 | 117,201 | m q. 1,72 | | » | » | » | » | 25,04 vide. | 82,80 | 85,34 | 89,29 |
| » | 2,60 3,80 | » | » | 94,00 | 2,24 | | » | » | » | » | 27,00 plein | » | » | » |
| 297 | 3,80 | 194,00 | 15,50 | 209,50 | m. » | m » | » | » | » | » | 37,00 plein. | » | » | » |
| 120 | 4,115 | 73,80 | 5,85 | 79,70 | 1,00 | 0,96 | 0,59 | 0,37 | 2,59 | 1415 | » | » | » | » |
| 133 | 3,10 | » | » | 42,00 | 1,00 | 1,00 | 0,70 | 0,27 | 1,25 | » | 28,00 | » | » | » |
| 250 | 4,55 | » | » | 182,00 | » | » | » | » | » | » | 49,00 | 11,25 11,25 | » » | 13,56 13,56 |
| 340 | 3,56 | » | » | 544,00 | 1,08 | 0,70 | 0,60 | » | » | » | 56,00 | » | » | » |
| 180 | 6,30 | » | » | 175,00 | » | » | » | » | » | » | 51,74 | 13,02 13,02 | » » | 12,80 12,80 |
| 115 | 3,80 | 71,71 | 5,52 | 77,23 | m.q. 1,15 | | 0,35 | 0,40 | 2,30 | » | 20,57 | » | » | » |
| 79 | 3,15 | 40,00 | 4,90 | 44,90 | m. 0,91 | m. 0,91 | 0,35 | 0,50 | 1,95 | » | 10,21 | 5,00 | » | 5,00 |
| 99 | 3,90 | 61,70 | 15,00 | 76,70 | 1,50 | 0,80 | » | » | » | » | 24,00 | » | » | » |
| 204 | 1,98 | 62,52 | 16,44 | 79,70 | 1,55 | » | » | 0,34 | » | » | » | » | » | » |
| 414 | 1,85 | 68,00 | 14,80 | 85,00 | » | » | » | 0,35 | 1,48 | » | 22,00 | 8,3 | 9 | 4,3 |
| 195 | 3,65 | 102,00 | 10,24 | 112,00 | » | » | » | 0,45 | 2,80 | 2288 | 56,00 | 7,00 | 14,50 | 14,50 |
| 134 | 3,50 | 65,56 | 5,15 | 70,00 | » | » | » | 0,40 | » | » | 40,00 | 8,00 | 12,00 12,00 | 8,00 |
| 170 | 5,37 | 80,75 | 6,48 | 87,23 | 1,15 | 1,06 | » | 0,34 | 1,43 | » | 27,00 | 8,00 | 12,00 | 6,00 |
| 187 | 4,74 | 155,00 | 6,47 | 155,00 | 1,26 | 0,96 | 6,45 | 0,40 | 2,10 | » | 56,00 | » | » | » |
| 197 | 4,75 | 144,00 | 9,75 | 154,00 | 1,66 | 1,08 | » | 0,45 | 1,60 | 2035 | 57,50 | 12,50 | 12,50 12,50 | 10,00 10,00 |
| 234 | 5,048 | 184,00 | 10,35 | 195,00 | 1,445 | 1,37 | 0,756 | 0,42 | 1,38 | 2450 | 64,00 | » | » | » |
| 203 | 4,75 | 151,38 | 9,75 | 161,00 | 1,65 | 1,10 | 0,80 | » | » | 2100 | 62,00 | 10,00 12,00 | 12,00 12,00 12,00 | 8,50 8,50 |
| 234 | 5,04 | 194 | 10,35 | 195 | 1,44 | 1,37 | » | » | » | 2450 | » | » | » | » |
| 180 | 4,34 | » | » | 120 | 1,28 | 1,05 | 0,89 | 0,40 | 1,30 | 1464 | » | » | » | » |

1022. *Observations sur les machines du tableau précédent.*

Les nos 1, 2, 3 sont trois machines du Great-Western railway, où les rails écartés de 2m,16 ont permis à volonté d'élargir la chaudière et distancer les organes mécaniques. La première est nne locomotive à grande vitesse, la seconde une machine-mixte-tender, portant ses approvisionnements, et la troisième nne locomotive à marchandises du type ordinaire.

Les nos 4 et 5 sont deux machines qui ont été exposées à Londres en 1851, et ont été construites pour atteindre sur la voie dn North-Western (à écartement de rails ordinaire) la vitesse du Great-Western. La première se distingue par les formes tourmentées de sa chaudière, la seconde a péché par l'insuffisance de vapeur.

Les nos 6 et 11 sont deux puissantes machines du type ordinaire à mouvements extérieurs, destinées à gravir à petite vitesse des rampes exceptionnelles.

Le no 7 a le même but, mais il se spécialise en ce que les roues du tender sont mues par deux cylindres à vapeur spéciaux. Ce sont, en quelque sorte, deux locomotives attelées ensemble, pourvnes chacune d'un mécanisme complet, mais dont l'un porte le générateur et l'autre les provisions.

Les nos 8, 9 et 10 sont trois machines qui ont été construites pour gravir la rampe de Sœmering (Autriche). Bien qu'elles aient, en tout ou en partie, été acceptées au concours, elles n'ont pas continué à servir après l'apparition des locomotives Engerth dont il va être parlé. (Voyez leurs dispositions toutes particulières dans les *Annales des mines* de 1853.)

Le no 12 est une tank-engine puissante et à petite vitesse qui, outre ses quatre petites roues motrices, a deux trains mobiles (arrière et avant), composés d'une paire de galets qui aident à maintenir la machine sur la voie, et qui se soulèvent pour passer sur les plaques tournantes. Elle a été exposée en 1855 à Paris.

Les nos 13, 14 et 15 sont trois machines dont les foyers sont disposés pour brûler la houille sans fumée. Ce qui les particularise est l'existence d'une *chambre de combustion ou de mélange*, où la fumée reçoit une injection d'air par des tuyères.

Le no 16 est une énorme machine à quatre grandes roues coupiées avec chaudière spéciale ayant, comme les précédentes, dans le foyer uno chambre de combustion. Elle a été exposée à Paris en 1856, et elle a pour but de traîner de fortes charges snr des rampes de 1 centimètre à 100 kilomètres de vitesse par heure.

Le no 17 est une machine tender à galets mobiles et directeurs (système Arnoux) remorquant les trains dans les conrbes très-faibles du chemin de fer de Sceaux et d'Orsay. Elle a quatre cylindres. Le projet, fonrni par M. Arnonx, a été élaboré par M. Meyer et exécnté par M. Anjubault.

Le no 18 est nne machine à trois cylindres, dont le mécanisme est d'ailleurs conforme au type ordinaire. (Voyez Clarkes, *Recueil des locomotives de la Grande-Bretagne.*)

Les nos 19 à 24 sont construits pour divers services d'après le système Engerth. (Voyez planches 13 et 14.)

## 1023. Tableau N comparatif de diverses machines locomobiles. (770.)

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Force nominale en chevaux. | Pression de la vapeur dans la chaudière. | Fraction de la course du piston où commence la détente. | PISTON. Diamètre. | PISTON. Course. | PISTON. Nombre de tours par minute. | PISTON. Vitesse correspondante par seconde | Surface du foyer. | Surface totale des tubes. | Surface de chauffe par cheval nominal. | SURFACE de grille. | CHEMINÉE. Diamètre. | CHEMINÉE. Hauteur. | POIDS total vide. | Nombre des roues. | PRIX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ch. | atm. | | m. | m. | | m. | m.q. | m q. | m q. | déc. | m. | m. | k. | | fr. |
| 1 | Comming, à Orléans. . . . . . | 4 | 6 | » | 0,12 | 0,20 | 200 | 1,33 | » | » | 1,50 | 35 × 70 | 0,19 | 2,35 | 1735 | 4 | » |
| 2 | Nepveu, à Paris. . . . . . . . | 5 | 5 | 0,70 | 0,14 | 0,20 | 80 | 0,53 | 1,28 | 4,12 | 1,80 | 35 × 35 | 0,18 | 3,00 | 1200 | 2 | 4500 |
| 3 | Lotz alné, à Nantes. . . . . . | 4 | 7 | » | 0,145 | 0,29 | » | » | » | » | 1,08 | 45 × 65 | 0,20 | 5,00 | » | 2 | » |
| 4 | Flaud, à Paris. . . . . . . . . | 6 | 5 | 0,3 | 0,13 | 0,13 | 400 | 2,00 | » | » | 1,30 | » | 0,20 | 2,50 | 1630 | 4 | » |
| 5 | Calla, à Paris. . . . . . . . | 3 | 6 | » | 0,12 | 0,25 | 140 | 1,95 | » | » | » | » | 0,165 | 2,14 | 1400 | 3 | 4000 |
| 6 | *Id*. . . . . . . . . . . . . . | 6 | 6 | » | 0,15 | 0,30 | 120 | 2,00 | » | » | » | » | 0,205 | 3,04 | 2800 | 4 | 6500 |
| 7 | *Id*. . . . . . . . . . . . . . | 15 | 6 | » | 0,25 | 0,36 | 95 | 1,90 | » | » | » | » | 0,230 | 4,05 | 5600 | 4 | 13000 |
| 8 | Renaud et A. Lotz. . à Nantes. | 4 | 5 | » | 0,145 | 0,29 | 130 | 1,25 | 1,83 | 4,28 | 1,60 | 35 × 75 | 0,22 | 3,00 | 2300 | 2 | 4000 |
| 9 | Clayton (construct. anglais). | 6 | 3,5 | » | 0,18 | 0,22 | » | » | 1,05- | 11,53 | 2,09 | 30 × 65 | 0,24 | 2,60 | 2750 | 4 | 3250 |
| 10 | Clayton. . . . . *Id*. . . . . . | 8 | 3,5 | » | 0,20 | 0,30 | » | » | » | 7,50 | 1,00 | 30 × 55 | 0,24 | 2,20 | » | 4 | 4482 |
| 11 | Ransome et Sims. , *Id*. . . . | 7 | 3,5 | » | 0,18 | 0,25 | » | » | 1,20 | 7,84 | 1,30 | 40 × 60 | 0,25 | 3,00 | » | 4 | » |
| 12 | Goum, à Clichy (*a*). . . . . . | 6 | 7 | » | 0,20 | 0,25 | » | » | 2,41 | 3,60 | 0,84 | 40 × 60 | 0,20 | 2,80 | » | 4 | » |
| 13 | Gonin. *Id*. . (*a*) . . . . . . . | 10 | 7 | » | 0,25 | 0,30 | » | » | 1,86 | 4,14 | 0,60 | 50 × 70 | 0,25 | 2,80 | » | 4 | » |

(*a*) Ces machines sont exécutées sur les plans de MM. Pérignon Thomas et Laurens.

## Suite du Tableau N [a].

| Numéros d'ordre. | CONSTRUCTEURS. | Force nominale en chevaux. | Pression de la vapeur dans la chaudière. | Fraction de la course du piston où commence la détente. | PISTON. Diamètre. | PISTON. Course. | PISTON. Nombre de tours par seconde. | TUBES. Nombre. | TUBES. Longueur. | TUBES. Diamètre int. | Surface totale de chauffe. | GRILLE. Longueur. | GRILLE. Largeur. | Nombre de roues. | POIDS. | PRIX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ch. | atm. | | m. | m. | m. | | m. | m. | m.q. | m. | m. | | k. | fr. |
| 14 | Barrell, à Norfolk. | 8 | 3,5 | 0,5 | 0,228 | 0,345 | 85 | 32 | 1,89 | 0,067 | 10,00 | 0,456 | 0,812 | 2 | 2600 | 6250 |
| 15 | *Id.* | 7 | 3,5 | 0,5 | 0,209 | 0,342 | 100 | 32 | 1,74 | 0,067 | 9,45 | 0,456 | 0,461 | 2 | 2550 | 5875 |
| 16 | *Id.* | 6 | 3,5 | 0,5 | 0,205 | 0,34 | 112 | 32 | 1,57 | 0,067 | 9,20 | 0,456 | 0,690 | 2 | 2500 | 5500 |
| 17 | Garret, à Sax-Mundham. | 7 | 3,5 | » | 0,212 | 0,30 | 120 | 21 | 1,58 | 0,000 | » | » | » | 4 | » | 4127 |
| 18 | Hornsby, à Ganham. | 6 | 3,5 | » | 0,195 | 0,345 | 127 | 50 | 1,80 | 0,06 | » | 0,406 | 0,76 | 4 | 2900 | 5500 |
| 19 | Ramsome et Sims, à Ipswich. | 7 | 3,5 | » | 0,177 | 0,279 | » | 32 | 1,82 | 0,05 | » | » | » | 4 | 3000 | 5375 |
| 20 | Tuxfort, à Boston. | 8 | 3,5 | » | 0,228 | 0,504 | 125 | 81 | 2,10 | 0,043 | » | 0,25 | 0,60 | 4 | 5055 | 15807 |
| 21 | Rouffet, à Paris. | 4 | 5 | 0,55 | 0,65 | 0,50 | 80 | 12 | 1,85 | 0,06 | 5,50 | » | » | 4 | 2100 | » |
| 22 | Perignon, Thomas et Laurens, d°. | 6 | 7 | » | 0,165 | 0,25 | 185 | 10 | 1,90 | 0,062 | 6,00 | 0,55 | 0,45 | 2 | 2500 | 6500 |
| 23 | Cumming, à Orléans. | 5 | 6 | 0,9 | 0,120 | 0,20 | 150 | 57 | 1,00 | 0,05 | 6,50 | 0,30 | 0,60 | 2 | 1715 | 4000 |
| 24 | Duvoir, à Liancourt. | 5 | 5 | 0,66 | 0,125 | 0,25 | 100 | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 25 | Fland, à Paris. | 2 | 5 | 0,5 | 0,10 | 0,12 | » | (Chand. | cylindrique.) | | 2,25 | (Diam. | 0,65) | 2 | 900 | 2500 |
| 26 | Lotz aîné, à Nantes. | 5 | 5 | 0,75 | 0,16 | 0,25 | 145 | 22 | 0,70 | 0,045 | » | 0,70 | 0,46 | 4 | 2300 | 4500 |
| 27 | Renault et Lotz. *Id.* | 5 | 5 | 0,80 | 0,18 | 0,36 | 100 | 12 | 1,55 | 0,08 | 5,40 | 0,60 | 0,30 | 2 | 2000 | 5000 |

(a) Les machines ci-après ont figuré au concours universel de Paris en 1856.

**1024. Tableau O, contenant la comparaison de divers bâtiments de transport à roues à aubes.**

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES. | SERVICE. | Année de la construction. | CONSTRUCTEURS DE LA COQUE. | CONSTRUCTEURS DE LA MACHINE. | FORCE nominale. | FORCE réelle. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | chev. | chev. |
| 1 | North-Star. . . . . . | Yacht américain d'amateur. | 1852 | » | » | 450 | » |
| 2 | Nashville. . . . . . . | Transatlantique américain. | » | Collyer. . . | Allen et Stilman. | 360 | » |
| 3 | Humboldt. . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | » | Allen et Stilman. | 850 | » |
| 4 | Francklin. . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | » | Allen et Stilman. | 800 | » |
| 5 | America. . . . . . . | Transatlantique anglais. . | » | Steel. . . . | Napier. . . . . | 672 | » |
| 6 | Europa. . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | Steel. . . . | Napier. . . . . | 690 | » |
| 7 | Asia. . . . . . . . . | *Id.* . . (1re classe). . . . . | 1850 | Steel. . . . | Napier. . . . . | 900 | » |
| 8 | Arabia. . . . . . . . | *Id.* . . (1re classe). . . . . | » | » | Napier. . . . . | 960 | 2850 |
| 9 | Hne Macgrégor. . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | Laird. . . . | Forester. . . . | 250 | » |
| 10 | City-of-London. . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | » | Napier. . . . . | 460 | » |
| 11 | Pacific. . . . . . . . | *Id.* . . (1re classe). . . . . | » | » | » | 900 | 2122 |
| 12 | Chemin-de-Fer. . . | Poste belge. . . . . . . . . | 1846 | Dichtborn. . | Maudslay. . . . | 120 | » |
| 13 | Ville-de-Bruges. . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | 1846 | Cokerill. . . | Cokerill. . . . . | 120 | 328 |
| 14 | Rubis. . . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | 1852 | Cokerill. . . | Cokerill . . . . | 120 | 406 |
| 15 | Carmel. . . . . . . | Poste français du Levant. . | 1854 | La Ciotat. . | La Ciotat. . . . | » | » |
| 16 | Thabor. . . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | 1852 | La Ciotat. . | La Ciotat. . . . | 370 | » |
| 17 | Alexandre. . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | ancien. | » | » | 220 | » |
| 18 | Bosphore. . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | *Id.* | » | » | 180 | » |
| 19 | Tancrède. . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | *Id* | » | » | 160 | » |
| 20 | Fairy. . . . . . . . | Steamer anglais. . . . . . . | » | Todd et | Macgregor. . . | 65 | » |
| 21 | Jenny-Lind. . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | Deny. . . . | Penn. . . . . . | 70 | » |
| 22 | Banshee. . . . . . . | Poste anglais. . . . . . . . | » | Lang. . . . | Penn. . . . . . | 350 | » |
| 23 | Minerva. . . . . . . | Steamer anglais. . . . . . . | » | Vernons. . | Bury. . . . . . | 380 | » |
| 24 | Paris. . . . . . . . . | Transport méditerranéen. . | ancien. | » | Schwartz. . . . | » | 200 |
| 25 | Empereur. . . . . . | Transport russe. . . . . . . | » | Napier. . . | Napier. . . . . | 396 | » |
| 26 | Bogota. . . . . . . . | Transatlantique. . . . . . . | » | » | Napier. . . . . | 394 | 1425 |
| 27 | Leviathan. . . . . . | Écosse. . . . . . . . . . . | ancien. | » | Napier. . . . . | » | » |
| 28 | Acheron. . . . . . . | » | *Il.* | Symond. . . | Seaward. . . . . | 160 | » |
| 29 | Écho. . . . . . . . . | » | *Id.* | Lang. . . . | Butterley. . . . | 140 | » |
| 30 | Dover. . . . . . . . | Poste anglais. . . . . . . . | *Id.* | Laird. . . . | Forester. . . . . | 90 | » |
| 31 | Victoria-and-Albert. | Yacht royal d'Angleterre . | » | Symond. . . | Maudslay. . . . | 420 | » |
| 32 | Onix. . . . . . . . . | Poste anglais. . . . . . . . | » | Dichtborn. . | Penn. . . . . . | 124 | » |
| 33 | Ondine. . . . . . . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | Pasco. . . . | Miller. . . . . . | 106 | » |
| 34 | Princesse-Alice. . . | *Id.* . . . . . . . . . . . . . | » | Dichtborn. . | Maudslay. . . . | 117 | » |
| 35 | Confidence. . . . . . | » | » | Lang. . . . | Maudslay. . . . | 100 | » |
| 36 | Baltic. . . . . . . . | Transport américain. . . . | » | » | » | 828 | » |
| 37 | Danzing. . . . . . . | Mne royale de Prusse. . . . | » | Scott-Russel. | Robinson . . . | 400 | » |

*Suite du*

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES. | DIMENSIONS DE LA COQUE. Déplacement. | Tonnage. | Longueur à la flottaison. | Largeur au maître-bau. | Creux. | Tirant d'eau en charge moyenne. | Section immergée du maître-couple. | Sillage. | ROUES. Diamètre. | Nombre de tours par minute. | Nombre des aubes. | Longueur des aubes. | Hauteur des aubes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ton. | ton. | m. | m. | m. | m. | mq | nœuds. | m. | | | m. | m. |
| 1 | North-Star. . . . . | 2300 | » | 82,00 | 11,53 | 8,97 | 4,25 | 42,0 | » | » | 16 | 28 | 2,43 | 0,45 |
| 2 | Nashville. . . . . . | 960 | » | 64,80 | 10,40 | » | 3,60 | 33,3 | » | » | 19 | 28 | 3,0 | 0,50 |
| 3 | Humboldt. . . . . . | 2300 | » | 63,00 | 13,98 | » | 3,77 | 72,0 | 10,00 | 10,90 | 15 | 36 | 3,73 | 0,63 |
| 4 | Franklin. . . . . . | 2600 | » | 70,60 | 12,46 | » | 3,47 | 01,20 | 10,00 | » | 14 | 28 | 3,32 | 0,61 |
| 5 | America. . . . . . | » | 1756 | 75,30 | 11,40 | 7,67 | 3,40 | 55,0 | 12,00 | 9,90 | » | » | » | » |
| 6 | Europa. . . . . . . | » | » | 75,30 | 11,40 | 7,67 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 7 | Asia. . . . . . . . | » | 2136 | 79,40 | 12,15 | 3,35 | 5,83 | 60,40 | 12,0 | 11,10 | » | » | 3,04 | 1,01 |
| 8 | Arabia. . . . . . . | 3750 | 2293 | 86,90 | 12,35 | 8,10 | 6,02 | 03,0 | 12,0 | » | » | » | » | » |
| 9 | Hne Macgrégor.. . | » | 591 | 54,67 | 7,60 | 4,80 | » | » | » | » | 23,5 | » | » | » |
| 10 | City-of-London.. . | » | » | 63,00 | 9,60 | 6,00 | 4,20 | 52, | » | » | » | » | » | » |
| 11 | Pacific. . . . . . . | » | » | 64,00 | 13,65 | 7,20 | 5,70 | 60,65 | 12,0 | » | 15 | 28 | 3,15 | 0,52 |
| 12 | Chemin-de-Fer (*a*) | 226 | » | 42,21 | 0,40 | 3,40 | 1,98 | 9,56 | 13,50 | 3,80 | 34 | 12 | 1,13 | 0,812 |
| 13 | Ville-de-Bruges. . . | 220 | » | 41,60 | 6,40 | 3,40 | 1,98 | 9,56 | 10,4 | 3,80 | 28 | 12 | 1,13 | 0,812 |
| 14 | Rubis (*a*). . . . . . | 226 | » | 44,33 | 6,40 | 3,40 | 1,98 | 9,56 | 13,6 | 3,80 | 31,5 | 12 | 1,13 | 0,812 |
| 15 | Carmel. . . . . . . | » | » | 67,00 | 9,60 | 3,50 | 4,10 | 31,48 | rapide. | 7,00 | 22 | 14 | 2,70 | 1,00 |
| 16 | Thabor. . . . . . . | 1121 | » | 60,00 | 8,77 | 3,90 | 4,30 | 29,16 | 10,98 | » | 20,33 | » | » | » |
| 17 | Alexandre. . . . . | 1031 | » | 54,40 | 9,24 | 6,13 | 3,83 | 27,72 | 8,25 | » | 21 | » | » | » |
| 18 | Bosphore. . . . . . | 550 | » | 50,73 | 0,85 | 4,33 | 3,00 | 17,17 | 9,43 | » | 23,5 | » | » | » |
| 19 | Tancrède. . . . . . | 771 | » | 50,00 | 8,00 | 3,34 | 3,33 | 21,30 | 8,50 | » | 17,06 | » | » | » |
| 20 | Fairy. . . . . . . . | 153 | » | 38,70 | 4,87 | 2,47 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 21 | Jenny-Lind. . . . . | 165 | » | 43,50 | 4,30 | 2,32 | » | » | » | 4,20 | » | » | » | » |
| 22 | Banshee.. . . . . . | » | 670 | 36,00 | 9,05 | 4,65 | 2,63 | 21, | 12,00 | 8,30 | 30 | » | 3,00 | 0,60 |
| 23 | Minerva. . . . . . | » | 635 | 67,00 | 7,80 | 4,80 | » | » | rapide. | 7,80 | 21 | » | 3,00 | 0,62 |
| 21 | Paris. . . . . . . . | » | » | » | » | » | » | » | » | 7,00 | 21 | 12 | 2,00 | 1,00 |
| 25 | Empereur. . . . . | 1700 | 1283 | 73,50 | 9,60 | 0,07 | 3,92 | 44, | » | » | » | » | » | » |
| 26 | Bogota. . . . . . . | 1300 | 1096 | 74,40 | 9,60 | 5,10 | 3,92 | 57,30 | » | » | » | » | » | » |
| 27 | Leviathan.. . . . . | » | » | 50,10 | 10,20 | 2,65 | 1,50 | 18,14 | » | » | » | » | » | » |
| 28 | Acheron. . . . . . | » | 722 | » | » | » | » | » | 8,0 | 6,0 | » | » | » | » |
| 29 | Echo. . . . . . . . | » | 295 | » | » | » | » | » | 8,5 | 5,10 | » | » | » | » |
| 30 | Dover.. . . . . . . | » | 224 | » | » | » | » | » | 10,0 | 4,05 | » | » | » | » |
| 31 | Victoria-and-Albert | » | 1034 | » | » | » | » | » | 11,7 | 8,9 | » | » | » | » |
| 32 | Onix. . . . . . . . | » | 300 | » | » | » | » | » | 13,0 | 6,13 | » | » | » | » |
| 33 | Ondine. . . . . . . | » | 290 | » | » | » | » | » | 12,2 | 5,1 | » | » | » | » |
| 34 | Princesse-Alice.. . | » | 270 | » | » | » | » | » | 12,5 | 6,0 | » | » | » | » |
| 35 | Confidence. . . . . | » | 294 | » | » | » | » | » | 8,0 | 4,80 | » | » | » | » |
| 30 | Baltic. . . . . . . . | » | 2725 | 84,6 | 13,00 | 9,60 | 0,00 | » | » | 9,95 | » | » | » | » |
| 37 | Danzing. . . . . . | » | 1200 | 69,00 | 10,20 | 6,07 | 5,00 | » | » | 7,05 | » | » | » | » |

(*a*) Voy. la note de M. Prisse à la société des ingénieurs civils de Paris en 1854.

*Tableau O.*

| VAPEUR. | | PISTONS. | | | DIMENSIONS DE LA MACHINE. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pression. | Fraction de la course où commence la détente. | Nombre. | Diamètre. | Course. | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | Surface de chauffe. | SYSTÈMES DE MACHINE. |
| atm. | | | m | m. | m. | m. | m. | mq. | |
| 1,5 | » | 2 | 1,67 | 3,04 | » | » | » | 470 | » |
| 1,5 | » | 1 | 2,15 | 2,40 | 8,0 | 3,35 | » | » | Watt. A balanciers latéraux. |
| 2 | 0,50 | 2 | 2,41 | 2,73 | 8,0 | 7,0 | » | » | *Id.* |
| 2 | 0,33 | 2 | 2,36 | 2,73 | 8,0 | 7,30 | » | » | *Id.* |
| Basse. | » | 2 | 2,21 | 2,82 | 28 (*b*) | » | » | » | *Id.* |
| *Id.* | » | 2 | 2,23 | 2,82 | » | » | » | » | *Id.* |
| *Id.* | » | 2 | 1,91 | 3,00 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 2 | 2,61 | 3,00 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 4 | 1,06 | 1,37 | » | » | » | » | » |
| » | » | 2 | 1,78 | 2,00 | 8,0 | 6,30 | 6,50 | » | Watt. A balanciers latéraux. |
| Basse. | 0,44 | 2 | 2,37 | 2,70 | » | » | » | » | » |
| 2,30 | 0,66 | 2 | 1,22 | 1,06 | » | » | » | » | Système de Maudslay, à piston annulaire. |
| 2,30 | 0,66 | 2 | 1,22 | 1,06 | » | » | » | » | |
| 2,30 | 0.66 | 2 | 1,22 | 1,06 | » | » | » | » | |
| Basse. | » | 2 | 1,60 | 1,80 | 6,10 | 4 | 4,5 | » | Oscillante de Penn. |
| » | » | » | 1,58 | 1,84 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | » | 1,43 | 1,50 | » | » | » | » | Watt. A balanciers latéraux. |
| » | » | » | 1,34 | 1,12 | » | » | » | » | Directe verticale. |
| » | » | » | 1,225 | 1,37 | » | » | » | » | Watt. A balanciers latéraux. |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| Basse. | » | » | 1,80 | 1,52 | » | » | » | » | Penn oscillante. |
| » | » | 2 | 1,75 | 1,87 | 17 (*b*) | » | » | » | » |
| 1,5 | 0,65 | 2 | » | 1,74 | 7,0 | 5,50 | » | 133 | Watt, balanciers latéraux. |
| » | » | 2 | 1,80 | 1,97 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 2 | 1,91 | 1,82 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 2 | 1,31 | 1,06 | » | » | » | » | *Id.* |
| Basse. | » | 2 | 1,23 | 1,42 | » | » | » | » | *Id.* |
| *Id.* | » | 2 | 1,12 | 1,37 | » | » | » | » | *Id.* |
| *Id.* | » | 2 | 0,90 | 1,06 | » | » | » | » | *Id.* |
| Moy. | » | 4 | 1,33 | 1,82 | » | » | » | » | Maudslay Double cyl. (*V.* Julien et Bataille.) |
| *Id.* | » | 2 | 1,22 | 1,22 | » | » | » | » | Penn. Oscillante. |
| *Id.* | » | 2 | 1,05 | 0,91 | » | » | » | » | *Id.* |
| *Id.* | » | 2 | 1,07 | 1,06 | » | » | » | » | Maudslay. A piston annulaire. |
| Basse. | » | 2 | 0,90 | 1,22 | » | » | » | » | Watt. A balanciers latéraux. |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |

(*b*) Avec les chaudières.

1025. **Tableau P contenant la comparaison de**

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES. | SERVICE. | Année de la construction. | CONSTRUCTEURS. | | FORCE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | DE LA COQUE. | DE LA MACHINE. | nominale. | réelle. |
| | | | | | | ch. | chev. |
| 1 | Manchester. | Transatlantique angl. | » | » | Todd et Mac Grégor. | 380 | » |
| 2 | Calcuta. | Mixte anglais. | 1854 | » | Maudslay. | 300 | » |
| 3 | Provence. | Transport français. | 1833 | » | Bourdon, à Marseille. | 180 | 420 |
| 4 | Bidassoa. | *Id.* | 1854 | » | Bourdon, à Marseille. | 45 | » |
| 5 | Corse. | Poste française. | 1843 | Normand. | Barns. | 120 | 154 |
| 6 | Falcon. | Transport. | » | Steel. | Caird. | 80 | » |
| 7 | Erin's-Queen. | *Id.* | » | Deny. | Caird. | 20 | » |
| 8 | City-of-Glascow. | Trois-mâts, barque angl. | » | Todd et Mac-Grégor. | Todd et Mac-Grégor. | 380 | » |
| 9 | European. | » | » | Smith et Rodger. | Smith et Rodger. | 100 | » |
| 10 | Apollo | Transport de bestiaux. | » | Smith et Rodger. | Smith et Rodger. | 100 | » |
| 11 | Times. | Trois-mâts, goëlette. | » | Napier. | Napier. | 50 | » |
| 12 | Swauland. | Transport anglais. | » | Napier. | Napier. | 100 | » |
| 13 | Santander. | *Id.* | » | Wingate. | Napier. | 100 | » |
| 14 | Great-Britain. | Transport angl. de 1re cl. | 1851 | » | Penn | 500 | » |
| 15 | Humming-Bird. | » | 1848 | Napier. | Napier. | 80 | » |
| 16 | Mars. | Trois-mâts-barque angl. | » | Smith et Rodger. | Smith et Rodger. | 100 | » |
| 17 | Monumental-City. | Transport américain. | » | » | Murray. | » | » |
| 18 | Bingal. | » | » | Todd et Mac Grégor. | Todd et Mac Grégor. | » | » |
| 19 | Palmetto. | » | » | Robb. | Beeder. | » | » |
| 20 | Cair. | Yacht égyptien. | » | » | Joyce. | 80 | 311 |
| 21 | Camerton. | » | » | Napier. | Napier. | 102 | » |
| 22 | Glascow. | » | » | Todd et Mac-Grégor. | Todd et Mac-Grégor. | 368 | » |
| 23 | Arno. | » | » | Reid. | Thomson. | 136 | » |
| 24 | Albatros. | » | » | Smith et Rodger. | Napier. | 124 | » |
| 25 | Taurus. | Mixte anglais. | » | Deny et Tullock. | Deny et Tullock. | 180 | » |
| 26 | Auda. | *Id.* | » | Deny et Tullock. | Deny et Tullock. | 300 | 376 |
| 27 | Bosphorus. | » | » | Mare. | Maudslay | 80 | » |
| 28 | Faon. | Poste français. | » | Normand (Havre). | Penn. | 120 | » |
| 29 | Stéphanie. | Mixte français. | 1853 | Guibert. | Gache. | 55 | » |
| 30 | Victor-Emmanuel. | Yacht sarde. | 1854 | Mare. | Rennie. | 260 | 800 |
| 31 | Mersey. | Mixte français. | 1854 | Smith et Rodger. | Smith et Rodger. | 250 | » |
| 32 | Bee. | Chaloupe anglaise. | 1842 | Symond. | Maudslay. | 10 | » |
| 33 | Dwarf. | Transport anglais. | 1843 | Rennie. | Rennie. | 90 | 218 |
| 34 | Indus. | Mixte français. | 1854 | Mare. | Watt. | 300 | 430 |
| 35 | Gange. | *Id.* | 1854 | Mare. | Napier. | 300 | » |
| 36 | Simola. | *Id.* | 1854 | » | Fawcett. | 250 | 287 |
| 37 | Euphrate. | *Id.* | 1854 | » | » | 350 | » |
| 38 | Danube. | *Id.* | 1856 | La Ciotat. | La Ciotat. | 370 | » |
| 39 | Lady-Jocelin. | Transport anglais. | 1852 | Mare. | Maudslay. | 300 | » |
| 40 | Province-d'Alger. | Transport français. | 1852 | Reynaut. | Reynant. | 80 | » |
| 41 | Chélif. | *Id.* | 1853 | Deny | Klarck. | 250 | » |
| 42 | Colombe. | Transport anglais. | » | » | Napier. | 450 | » |
| 43 | Larriston. | *Id.* | » | » | Napier. | 180 | » |
| 44 | Lady-Eglington. | *Id.* | » | » | Napier. | 150 | » |
| 45 | Fairy. | Yacht anglais. | 1845 | Ditchborn. | Penn. | 130 | 364 |
| 46 | Minx. | *Id.* | 1845 | Symond. | Miller. | 100 | 234 |
| 47 | *Id.* | *Id.* | » | Symond. | Seaward. | » | » |
| 48 | *Id.* | *Id.* | 1848 | Symond. | Rennie. | » | » |
| 49 | Himalaya. | Transat. angl. 1re cl. | 1853 | Napier. | Penn. | 700 | 1200 |
| 50 | Arago. | Transport mixte franç. | 1855 | Guibert. | Cavé. | 600 | moindre |
| 51 | France. | » | 1854 | » | » | 300 | » |
| 52 | Hélice, n° 1. | Transport sur la Haute-Seine. | » | Normand et Baudn. | Mazeline. | 25 | » |
| 53 | Express. | | » | Cavé. | Cavé. | 35 | » |
| 54 | *** | » | 1855 | Guibert. | Gache (Nantes). | 20 | » |

**divers bâtiments de transport à bélice.**

| DIMENSIONS DE LA COQUE. | | | | | | | | | | BÉLICE. | | | | VAPEUR. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Tirant d'eau | | | | | | | | | | |
| Déplacement. | Tonnage. | Longueur. | Largeur. | Creux. | en avant. | en arrière. | moyen. | Section immergée. | Sillage. | Diamètre. | Pas. | Nombre de tours. | Système. | Pression. | Détente. |
| ton. | ton. | m. | m. | m. | m. | m. | m. | m q. | nœuds | m. | m. | | | atm. | |
| 3210 | » | 79,60 | 11,00 | » | » | » | 3,50 | 50,00 | 6,00 | 4,27 | 3,50 | » | 3 ailes. . . . . . | basse | » |
| » | 1800 | 77,00 | 12,00 | 6,60 | » | » | » | » | » | » | » | 48 | » | moy. | » |
| » | » | 58,00 | 8,20 | 3,60 | » | » | 4,00 | 25,00 | 10,50 | 3,90 | 6,00 | 54 | 4 ailes (a. 0,40). | 2,0 | » |
| » | » | 31,00 | 5,20 | 2,75 | » | » | 2,10 | 8,50 | 8,0 | 2,00 | 3,80 | 94 | 4 afles (a. 0,40). | 3,5 | » |
| 374 | » | 46,00 | 6 50 | 2,57 | 4,25 | 3,60 | 2,95 | 13,70 | 9,7 | 2,81 | 5,05 | 115 | 4 ailes (s. 0,55). | basse | » |
| » | 280 | 37,00 | 7,00 | 4,23 | 3,12 | 3,93 | » | 28,90 | » | 2,69 | » | 77 | » | » | » |
| » | 282 | 40,20 | 6,40 | 3,90 | 2,90 | 3,31 | » | 18,42 | » | 2,13 | 2,74 | 72 | 2 ailes. . . . . . | basse | » |
| » | 1610 | 69,25 | 9,95 | 7,30 | 3,11 | 3,31 | » | 45,00 | 9,00 | 3,96 | 3,49 | » | » | » | » |
| » | 443 | 52,11 | 7,24 | 4,37 | 3,35 | 4,27 | » | » | 13,50 | 2,79 | 3,66 | 105 | 3 afles. . . . . . | 4,33 | » |
| » | 554 | 57,00 | 9,19 | 4,27 | » | » | » | » | » | 2,66 | » | » | 2 ailes. . . . . . | » | » |
| » | 301 | 48,19 | 6,12 | 4,11 | » | » | » | » | 11,6 | 2,74 | 3,35 | » | » | 1,00 | » |
| » | 329 | 54,19 | 7,64 | 4,12 | 3,20 | 3,30 | » | 22,57 | 6,66 | 2,36 | 2,745 | 164 | 3 afles. . . . . . | 0,84 | » |
| 521 | 249 | 46 00 | 6,50 | 4,40 | 2,60 | 2,75 | » | 16,70 | 11,00 | 2,44 | 3,35 | » | 3 ailes. . . . . . | 0,64 | » |
| 3500 | 2970 | 87,85 | 13,50 | 9,88 | » | » | 3,75 | 79,31 | » | 4,71 | 5,73 | 54 | 3 afles. . . . . . | 1,3 | » |
| » | 136 | 40,20 | 5,49 | 2,75 | 2,135 | 2,29 | » | 10 89 | 13,00 | 1,60 | » | » | 3 alles. . . . . . | 1,19 | » |
| » | 825 | 56,42 | 9,27 | 4,81 | 3,96 | 4,27 | » | 31,38 | 9,38 | 3,10 | 3,307 | 115 | 2 ailes. . . . . . | 0,84 | » |
| » | » | 56,42 | 9,15 | 4,57 | 2,74 | 3,66 | » | 28,60 | 5,01 | 3,60 | 7,62 | 42 | 4 alles. . . . . . | 1,19 | » |
| » | 2205 | 91,65 | 11,89 | 5,79 | » | » | » | » | rapide. | 4,42 | 8,49<br>6,71 | » | 3 ailes. . . . . . | 0,84 | » |
| » | 730 | 56,75 | 9,15 | 5,49 | » | » | » | 20,00 | » | 3,51 | 7,17 | » | » | » | » |
| » | 720 | » | 6,00 | 3,5 | » | » | 1,97 | » | 14,00 | 1,97 | 2,19 | 210 | 2 ailes. . . . . . | » | » |
| » | 528 | 52,79 | 7,83 | 4,27 | 2,90 | 3,05 | » | 26,54 | » | 2,135 | 2,74 | 211 | 3 ailes. . . . . . | 0,70 | » |
| » | 1961 | 76,25 | 10,67 | 7,93 | » | » | » | » | 10,8 | 4,27 | 3,49 | » | 3 ailes . . . . . . | » | » |
| » | 656 | 58,00 | 8,05 | 3,03 | » | » | » | » | 10,67 | 3,76 | » | 60 | 2 alles. . . . . . | » | » |
| » | 855 | 59,83 | 9,15 | 4,68 | » | » | » | » | 11,00 | 3,20 | 3,31 | 146 | 2 ailes. . . . . . | 1,20 | » |
| » | 1026 | 64,30 | 8,97 | 7,33 | » | » | » | » | 10,40 | » | 3,66 | 5,49 | 2 ailes. . . . . . | 0,64 | » |
| » | 1301 | 71,00 | 10,35 | 7,30 | » | » | 3,90 | 35,00 | 11,00 | 4,40 | 6,40 | 60 | » | basse | » |
| 2400 | » | 75,00 | 11,80 | 7,00 | 2,05 | 2,85 | 2,58 | 16,00 | 9,68 | 3,15 | 5,55 | 62 | » | » | » |
| 188 | » | 40,00 | 6,10 | 3,10 | 1,82 | 2,06 | 1,97 | 7,92 | 13,00 | » | 7,7 | 210 | 2 ailes. . . . . . | 1,5 | » |
| 250 | » | » | » | » | » | » | » | » | 8,00 | 2,40 | » | 64 | 4 ailes. . . . . . | 2,5 | 0,62 |
| » | 1400 | 73,50 | 10,59 | 7,20 | 5,16 | 5,40 | » | 49,14 | » | 4,00 | 5,65 | 56 | 2 ailes. . . . . . | 1,5 | » |
| » | » | 66,00 | 8,30 | 6,8 | 5,80 | 4,80 | » | 31,22 | » | » | 7,00 | 70 | 3 ailes. . . . . . | 3,0 | 0,36 |
| » | 45 | 16,00 | 3,60 | » | » | » | 1,30 | 2,32 | 7,30 | 0,91 | 1,13 | 240 | » | 2,0 | » |
| » | 165 | 39,00 | 4,95 | » | » | » | 1,67 | 3,96 | 10,35 | 1,72 | 2,42 | 188 | » | 1,7 | » |
| 2843 | » | 74,68 | 10,10 | 8,69 | » | » | 3,10 | 34,00 | 9,96 | » | » | 50 | 2 ailes. . . . . . | basse | » |
| 2718 | 1165 | 74,80 | 11,15 | 8,69 | 5,32 | 6,60 | 6,10 | 53,60 | 9,73 | » | » | » | » | » | » |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 54 | » | 3,0 | » |
| 2385 | » | 80,00 | 10,63 | 9,00 | » | » | 5,80 | 32,40 | 10,05 | » | » | » | » | » | » |
| 1464 | » | 70,00 | 10,00 | 6,30 | » | 4,91 | 4,21 | 38,80 | 15,00 | 3,70 | 5,61<br>6,00<br>6,32 | 63,7 | 6 ailes à pas croissant | 2,5 | 0,30 |
| 1800 | 300 | » | 9,05 | » | 3,40 | 6,00 | » | 47,00 | » | 4,60 | 6,30 | 50 | 2 ailes. . . . . . | basse | » |
| » | 420 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 115 | » | 3,0 | 0,40 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 42 | » | 3,0 | » |
| 2400 | 1848 | 67,00 | 9,10 | 6,15 | » | » | 6,00 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 900 | 567 | 31,25 | 7,80 | 4,80 | » | » | 4,05 | 31,00 | 11,6 | » | » | » | » | » | » |
| 1060 | 390 | 37,30 | 7,65 | 4,80 | » | » | 4,05 | 33,00 | 12,00 | » | » | » | » | » | » |
| » | 312 | 45,40 | 6,32 | 2,95 | » | » | 1,82 | 7,38 | 13,3 | 1,87 | 2,42 | 240 | 2 ailes. . . . . . | 1,5 | » |
| 192 | 300 | 39,30 | 6,40 | » | » | » | 1,57 | 7,18 | 9,20 | 1,56 | 1,52 | 254 | » | » | » |
| 192 | 300 | 39,30 | 6,40 | » | » | » | 1,56 | » | 4,31 | 1,32 | 1,11 | 140 | » | » | » |
| 192 | 300 | 39,30 | 6,40 | » | » | » | 1,38 | » | 5,18 | 1,32 | 1,04 | 158 | » | » | » |
| » | 3750 | 97,30 | 14,16 | 10,83 | » | » | » | » | très-rapid. | 5,30 | 8,34 | » | 2 ailes. . . . . . | » | » |
| » | 2400 | 75,00 | 11,80 | 7,00 | » | » | 6,30 | » | » | 3,40 | 8,40 | 40 | 4 ailes. . . . . . | 4,0 | 0,15 |
| 2250 | » | 73,00 | 8,00 | » | » | » | » | » | 8,00 | 3,20 | 6,10 | 50 | 4 ailes. . . . . . | 3,00<br>2,73 | » |
| » | 220 | 41,00 | 5,00 | 2,00 | » | » | 2,00 | 9,10 | » | 1,36 | 1,80 | 80 | 4 ailes. . . . . . | » | » |
| » | » | 41,00 | 5,40 | 2,80 | » | » | 1,30 | » | » | 2,10 | 3,00 | 80 | 5 ailes (a. 0,4).. | 3,0 | 0,60 |
| » | 150 | » | » | » | » | » | » | » | 7,00 | » | » | 140 | » | 2,0 | 0,30 |

## *Suite du tableau P.*

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES. | PISTONS. Nombre. | PISTONS. Diamètre. | PISTONS. Course. | PISTONS. Nombre de tours. | DIMENSIONS de la machine. Surface de chauffe. | DIMENSIONS de la machine. Longueur. | DIMENSIONS de la machine. Largeur. | DIMENSIONS de la machine. Hauteur. | SYSTÈME DE LA MACHINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m. | m. | | mq. | m. | m. | m. | |
| 1 | Manchester. . . . . | 2 | 1,605 | 1,525 | » | » | 6,00 | 0,20 | 3,00 | Watt. A balanciers supérieurs. Engrenage, 2,2 à 1. |
| 2 | Calcuta. . . . . . . | 2 | » | » | 48 | » | 3 00 | 6,00 | 3,00 | 2 cylindres directs inclinés. |
| 3 | Provence. . . . . | 2 | 1,30 | 0,80 | 54 | 190 | 3,60 | 2,70 | 4,10 | » |
| 4 | Bidassoa. . . . . . | 1 | 0.65 | 0,50 | 94 | 50 | 1,10 | 1,70 | 3,10 | » |
| 5 | Corse. . . . . . . | 2 | 1,143 | 1,06 | 26,5 | » | » | » | » | » |
| 6 | Falcon. . . . . . . | 2 | 0,90 | 0.61 | 77 | » | 7,62 | » | » | Cylindres renversés. Directs. |
| 7 | Erin's-Queen. . . . | 2 | 0,53 | 0,61 | 72 | » | 10.40 | » | » | A balanciers. |
| 8 | City-of Glascow. . | 2 | 1,67 | 1.32 | » | » | 17,38 (b) | » | » | Watt, à balanc. sup. avec engrenage. |
| 9 | European. . . . . | 2 | 1,016 | 0.915 | 42 | » | 11,50 | » | » | Engrenage 2,5 à 1, verticale. 4 tiges, bielles en retour. |
| 10 | Apollo. . . . . . . | 2 | 1,016 | 0,915 | » | » | 10,98 | » | » | |
| 11 | Times. . . . . . . | 2 | 0,73 | 0,76 | 50 | » | 13,53 (b) | » | » | *Id.* Engrenage 2,6 à 1. |
| 12 | Swanland. . . . . | 2 | 1,010 | 1,06 | 42 | » | 10,96 | » | » | A balanciers. |
| 13 | Santander. . . . . | » | 1,016 | 0.915 | 36 | » | 12,40 | » | » | Machine en clocher. |
| 14 | Great-Britain. . . | 2 | 2,10 | 1,82 | 18 | 807 | » | » | » | Oscillante Penn. Engrenage. |
| 15 | Humming-Bird. . | 2 | 0,90 | 0,915 | » | » | 11,59 (b) | » | » | Woif, à balancier. Eng. 4,2 à 1. |
| 16 | Mars. . . . . . . . | 2 | 1,016 | 0,915 | 46 | » | 13,13 (b) | » | » | En clocher. Engrenage 2,5 à 1. |
| 17 | Monumental-City. | 2 | 1,11 | 0,915 | 42 | » | » | » | » | Cylindres renversés. |
| 18 | Bingal. . . . . . . | 2 | 2.032 | 1,524 | 27 | » | 28,36 (b) | » | » | A balanciers d'équerre. |
| 19 | Palmetto. . . . . . | 2 | 1,116 | 1,016 | » | » | » | » | » | Cylindres renversés. |
| 20 | Cair. . . . . . . . | 2 | 0,93 | 0,75 | 42 | » | 13,00 (b) | » | » | Système direct. Engrenage. |
| 21 | Camerton. . . . . | 2 | 1,016 | 1.07 | 64 | » | » | » | » | Balancier supér. Eng. 3,3 à 1. |
| 22 | Glascow. . . . . . | 2 | 1,80 | 1,325 | 60 | » | 23,79 (b) | » | » | Balanc. supér. eng. 3,2 à 1. |
| 23 | Arno. . . . . . . . | 2 | 1,215 | 0,838 | 60 | » | » | » | » | Cylindres renversés. |
| 24 | Albatros. . . . . . | 2 | 1.142 | 0,915 | 42 | » | 15,10 (b) | » | » | 4 tiges en clocher. |
| 25 | Taurus. . . . . . . | » | 1,270 | » | 64 | » | 12,20 (b) | » | » | Directe. |
| 26 | Ands. . . . . . . . | » | 1,07 | 1,66 | 60 | » | » | » | » | » |
| 27 | Bosphorus. . . . . | » | 0,90 | 0,61 | 62 | » | » | » | » | » |
| 28 | Faon. . . . . . . . | 2 | 0,85 | 0,90 | 42 | » | » | » | » | Oscillante Penn à engrenage. |
| 29 | Stéphanie. . . . . | 2 | 0,645 | 0,56 | 64 | » | » | » | » | Directe, inclinée, renversée. |
| 30 | Victor-Emmanuel. | 2 | 1.275 | 0,75 | 56 | » | 2,50 | 6,00 | 2,00 | Trunk engine à cylindre vis-à-vis. |
| 31 | Mersey. . . . . . . | 2 | 1,38 | 1,06 | 28 | 354 | 5,00 | 5,50 | 7,00 | Directe. |
| 32 | Bee. . . . . . . . . | 1 | 0,50 | 0,60 | 48 | » | » | » | » | Simple à engrenage. |
| 33 | Dwarf. . . . . . . | 2 | 0,80 | 0.80 | 35,5 | » | » | » | » | Double verticale fixe, à engren. |
| 34 | Indus. . . . . . . . | 2 | 1,40 | 0,91 | 50 | » | 5,00 | 7,00 | 1,80 | Horizontale. |
| 35 | Gange. . . . . . . | » | 1,60 | 1,20 | » | » | 6,00 | 7,00 | 7,00 | A balanciers supérieurs. |
| 36 | Simois. . . . . . . | 2 | 1,137 | 0,836 | 34 | 496 | » | » | » | » |
| 37 | Euphrate. . . . . . | » | 1,60 | 1,37 | » | » | » | » | » | Oscillante. |
| 38 | Danube. . . . . . . | 2 | 1,416 | 0,86 | 63,7 | 445 | 13,00 | 10,00 | 2,30 | Horiz. 4 tiges bielles en retour. |
| 39 | Lady-Jocelyn. . . | 2 | 1,35 | 0.76 | 30 | » | » | » | » | » |
| 40 | Province-d'Alger. | 1 | 0,64 | 0,80 | » | 55 | 2,00 | 3,60 | 3,00 | Oscillante. Engrenage. |
| 41 | Chélif. . . . . . . | 2 | 1.12 | » | 42 | » | 3,00 | 3,00 | » | Verticale directe renversée. |
| 42 | Colombe. . . . . . | 2 | 1,05 | 1,67 | » | » | » | » | » | » |
| 43 | Larriston. . . . . | 2 | 1,263 | 1,06 | » | » | » | » | » | » |
| 44 | Lady-Eglington. . | 2 | 1,123 | 1,06 | » | » | » | » | » | » |
| 45 | Fairy. . . . . . . . | 2 | 0,64 | 0,91 | 48 | » | 2,30 | 2,32 | 1,20 | Oscillante. Engrenage 5 à 1. |
| 46 | Minx. . . . . . . . | 2 | 0,68 | 0,82 | 65 | » | » | » | » | *Id.* *Id.* |
| 47 | *Id.* . . . . . . . . | 2 | 0,85 | 0.85 | 140 | » | » | » | » | » |
| 48 | *Id.* . . . . . . . . | 1 | » | » | 158 | » | » | » | » | Rotative de Bishop. |
| 49 | Himalaya. . . . . | 2 | 2,05 | 1,06 | 60 | » | » | » | » | Trunk engine. |
| 50 | Arago. . . . . . . | 3 | 1,40<br>1,40<br>1,60 | 0,90 | 40 | 320 | 8,35 | 4,80 | 3,50 | Cyl. renversés, bielles en retour. |
| 51 | France. . . . . . . | 2 | 1,50 | 0,90 | 50 | 114 cylindre à eau. . .<br>130 cylindre à éther . . | | | | » |
| 52 | Hélice, n° 1. . . . | 2 | 0,44 | 0,44 | 80 | 40 | » | » | » | Verticale renv., bielles en retour. |
| 53 | Express. . . . . . | 2 | 0,47 | 0,47 | 80 | 60 | 2,00 | 3,00 | 2,30 | Oscillante inclinée renversée. |
| 54 | . . . . . . . . . . . | 2 | 0,40 | 0,32 | 140 | » | » | » | » | Direct. incliné vis à vis. |

**1026. Tableau Q, contenant la comparaison des divers bâtiments de guerre à roues.**

| Numéros d'ordre. | NOMS des BATIMENTS DE GUERRE. | LIGNE DE SERVICE. | Année de la construction. | CONSTRUCTEURS | | FORCE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | DE LA COQUE. | DE LA MACHINE. | nominale. | réelle. |
| | | | | | | chev | chev. |
| 1 | Terrible | Frégate angl. (21 can.). | 1846 | Lang | Mandslay. | 800 | » |
| 2 | Odin | Frégate angl. (20 can.). | » | Fincham | Fairbairn. | 560 | » |
| 3 | Retribution | Frégate anglaise | » | Symond | Mandslay. | 800 | 903 |
| 4 | Black-Eagle | Id. | » | Lang | Penn | 270 | » |
| 5 | Bull-dog | Id. | » | Symond | Rennie | 500 | » |
| 6 | Fury | Id. | » | Symond | Rigby | 512 | » |
| 7 | Inflexible | Id. | » | Symond | Fawcett. | 380 | » |
| 8 | Dragon | Id. | » | Symond | Fairbairn. | 560 | » |
| 9 | Caradoc | Id. | » | Symond | Sceaward. | 350 | » |
| 10 | Devastation | Id. | » | Symond | Mandslay. | 420 | » |
| 11 | Medea | Id. | » | Lang | Mandslay | » | 850 |
| 12 | Merlin | Id. | » | Symond | Fawcett. | 300 | » |
| 13 | Dee | Frégate anglaise | » | Scott et | Sinclair. | 435 | » |
| 14 | Sampson | Frégate anglaise | » | Symond | Rennie | 470 | 593 |
| 15 | Mogador | Frégate française | 1847 | Port de Rochefort | Creusot. | 650 | » |
| 16 | Darien | Id. | » | Port de Cherbourg. | Cavé | 450 | » |
| 17 | Bertholet | Id. | 1849 | » | Creusot. | 400 | » |
| 18 | Infernal | Id. | Ancien. | Atelier Indret. | Indret | 400 | » |
| 19 | Véloce | Corvette française | Id. | » | Anglaise | 220 | » |
| 20 | Espadon | Id. | Id. | » | Pauwels | 220 | » |
| 21 | Dauphin | Id. | Id. | Guibert | Gache (de Nantes) | 180 | » |
| 22 | Phénix | Id. | » | » | Gache d° | 200 | » |
| 23 | Héron | Id. | 1842 | Guibert | Cavé | 220 | » |
| 24 | Crocodile | Aviso | » | » | » | 160 | » |
| 25 | Galilée (a) | Aviso français | 1852 | Port de Lorient. | Lafont | 120 | » |
| 26 | Sphinx | Id. | 1835 | » | Fawcett. | 160 | » |
| 27 | Castor | Id. | » | Brest | » | 120 | » |
| 28 | Requin | Id. | 1847 | Guibert | Gache (de Nantes) | 180 | Moindre. |

(a) La machine du Galilée marche à vapeurs combinées d'eau et de chloroforme.

*Suite du*

| Numéros d'ordre. | NOMS des BATIMENTS. | DIMENSIONS DE LA COQUE. | | | | | | | ROUES. | | | | | VAPEUR. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Déplacement. | Longueur. | Largeur. | Creux. | Tirant d'eau. | Section immergée. | Vitesse. | Diamètre. | Nombre de tours par minute. | Nombre d'aubes. | Longueur des aubes. | Hauteur des aubes. | Pression. | Détente. |
| | | | m | m. | m. | m. | mq | nœuds. | m. | | | m | m. | atm. | |
| 1 | Terrible. | 1847 | 68,70 | 12,76 | 9,70 | 5,32 | 61,20 | 10,00 | 10,35 | 13 | 44 | 3,90 | 0,70 | Basse. | » |
| 2 | Odin. | 1326 | 62,60 | 9,00 | 8,40 | » | » | 11,00 | 9,00 | 19 | » | 3,20 | » | *Id.* | » |
| 3 | Retribution. | » | 66,00 | 12,15 | 7,80 | 3,40 | 59,04 | » | 10,20 | 13 | » | 3,80 | 0,70 | *Id.* | » |
| 4 | Black-Eagle. | » | 46,50 | 7,82 | 4,43 | » | » | 11,25 | 6,07 | » | 16 | » | » | 1,0 | » |
| 5 | Bull-dog. | » | » | » | » | » | » | » | 7,80 | » | » | » | » | Basse. | » |
| 6 | Fury. | » | » | » | » | » | » | 9,50 | 7,65 | » | » | » | » | » | » |
| 7 | Inflexible. | » | » | » | » | » | » | 9,00 | 8,55 | » | » | » | » | Moy. | » |
| 8 | Dragon. | » | » | » | » | » | » | 10,00 | 8,90 | » | » | » | » | Basse. | » |
| 9 | Caradoc. | » | » | » | » | » | » | 12,00 | 7,70 | » | » | » | » | Moy. | » |
| 10 | Devastation. | » | » | » | » | » | » | 10,00 | 7,60 | » | » | » | » | Basse. | » |
| 11 | Medea. | » | » | » | » | » | » | 9,00 | 6,95 | » | » | » | » | *Id.* | » |
| 12 | Merlin. | » | » | » | » | » | » | » | 7,35 | » | » | » | » | *Id.* | » |
| 13 | Dee. | » | 67,00 | 10,50 | » | 5,10 | » | » | 8,72 | » | » | » | » | » | » |
| 14 | Sampson. | » | » | » | » | » | » | 11,00 | 8,32 | » | » | » | » | Basse. | » |
| 15 | Mogador. | » | 70,95 | 12,40 | » | 5,40 | 36,00 | 12,00 | 9,14 | 19 | » | » | » | 2,5 | 0,6 |
| 16 | Darien. | » | 80,00 | 12,00 | 5,00 | 5,20 | » | » | 8,60 | 16 | » | 3,00 | 0,70 | 1,5 | » |
| 17 | Bertholet. | 1468 | 58,03 | 10,40 | 6,92 | 4,46 | » | 9,20 | » | 20 | » | » | » | 2,0 | 0,5 |
| 18 | Infernal. | 2034 | 62,00 | 10,80 | 5,78 | 4,90 | 42,74 | » | » | 16,8 | » | » | » | » | » |
| 19 | Véloce. | 1334 | 58,05 | 9,00 | 5,97 | 3,97 | 29,54 | 6,30 | » | 20,5 | » | » | » | » | » |
| 20 | Espadon. | 1196 | 55,20 | 9,20 | 6,10 | 4,00 | 29,00 | 4,20 | » | 19 | » | » | » | » | » |
| 21 | Dauphin. | 501 | 46,00 | 7,60 | 4,95 | 2,95 | 16,42 | 7,00 | » | 22 | » | » | » | » | » |
| 22 | Phénix. | 522 | 50,00 | 8,00 | 4,81 | 2,20 | 13,00 | 8,85 | » | 20 | » | » | » | » | » |
| 23 | Héron. | 512 | 46,00 | 7,60 | 4,95 | 2,95 | 16,43 | 7,22 | » | 27 | » | » | » | » | » |
| 24 | Sphinx. | » | » | » | » | » | » | » | 5,04 | 12 | » | 2,438 | 0,661 | 1,0 | » |
| 25 | Crocodile. | 777 | 46,20 | 8,80 | 5,40 | 3,30 | 21,55 | 5,60 | » | 21 | » | » | » | » | » |
| 26 | Galilée. | » | 42,00 | 6,70 | » | 2,60 | 14,00 | » | 6,00 | 30 | 16 | 1,60 | 0,60 | 1,70<br>1,20 | » |
| 27 | Castor. | 772 | 45,50 | 8,20 | 5,30 | 3,33 | 21,50 | 4,03 | » | 24 | » | » | » | » | » |
| 28 | Requin. | » | 44,00 | 7,65 | 4,30 | 3,33 | » | » | 6,48 | 20 | 24 | 2,40 | 0,30 | 3,0 | 0,8 |

(*a*) Machines et chaudières comprises.

***Tableau Q.***

| PISTONS. | | | DIMENSIONS DES MACHINES. | | | Surface de chauffe par cheval nominal. | SYSTÈMES DE MACHINES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre. | Diamètre. | Course. | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | | |
| | m. | m. | m. | m. | m. | mq. | |
| 4 | 1,80 | 2,43 | 7,60 | 7,00 | 7,60 | 0,793 | Système à double cylindre. (V. n° 927 de l'ouvrage.) |
| 2 | 2,17 | 1,74 | 15,60(*a*) | 6,00 | » | 0,800 | » |
| 4 | 1,83 | 2,43 | 7,60 | 7,00 | 7,60 | 0,793 | Même système que le n° 1. |
| 2 | 1,58 | 1,37 | 3,40 | 6,90 | 4,00 | » | Oscillante de Penn. (V. n° 929 de l'ouvrage.) |
| 2 | 2,05 | 1,72 | » | » | » | » | Directe. |
| 2 | 2,12 | 1,74 | » | » | » | » | *Id.* |
| 2 | 1,80 | 1,74 | » | » | » | » | *Id.* |
| 2 | 2,20 | 1,74 | » | » | » | » | Verticale directe. |
| 2 | 1,87 | 1,33 | » | » | » | » | Directe. |
| 4 | 1,35 | 1,82 | » | » | » | » | Double cylindre, comme le n° 1. |
| 4 | 1,25 | 1,50 | » | » | » | » | *Id.* |
| 2 | 1,60 | 1,82 | » | » | » | » | Watt à balanciers latéraux. |
| » | 1,85 | 2,13 | 3,30 | 6,40 | 5,60 | 0,88 | » |
| » | 2,03 | 1,67 | 5,00 | 5,10 | 7,30 | » | Directe. |
| 2 | 1,80 | 3,00 | 6,50 | 9,50 | 8,50 | 1,25 | Machine oscillante de Penn. |
| 2 | 1,93 | 2,28 | 8,79 | 7,20 | 7,60 | » | Watt, à balanciers latéraux. |
| 2 | 1,87 | 1,70 | 16,30 | 6,20 | 11,50 | 1,35 | Horizontale directe, système du Creusot. |
| 4 | 1,50 | 1,75 | » | » | » | » | » |
| » | 1,40 | 1,67 | » | » | » | » | » |
| » | 1,07 | 1,68 | » | » | » | » | » |
| » | 1,24 | 1,08 | » | » | » | » | » |
| » | 1,40 | 1,30 | » | » | » | » | » |
| » | 1,14 | 1,34 | » | » | » | » | Oscillante de Cavé à cyl. inclinés vis-à-vis. |
| 2 | 1,221 | 1,448 | » | » | » | » | Watt, à balanciers latéraux. |
| » | 1,22 | 1,45 | » | » | » | » | » |
| » | 1,14<br>1,30 | 1,10 | » | » | » | 1,21<br>2,56 | Cyl. à vap. d'eau, Cyl. à chlorof. { cons. 5 à 6 tonn. de houille par 24 h. Poids de l'app. : 100 tonn. en marche. |
| » | 1,10 | 1,22 | » | » | » | » | » |
| 2 | 1,02 | 1,02 | 4,00 | 4,40 | 4,50 | » | Verticale directe. |

## 1027. Tableau R contenant la comparaison

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES | SERVICE. | Année de la construction. | CONSTRUCTEURS DE LA COQUE. | CONSTRUCTEURS DE LA MACHINE. | FORCE nominale. | FORCE réelle. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | chev. | chev |
| 1 | Duke-of-Wellington | Vaisseau, 130 canons. | • | Symond. | Napier. | 770 | 1060 |
| 2 | Dauntless. | Vaisseau | 1848 | Fincham. | Napier. | 510 | 810 |
| 3 | *Id.* allongé. | Vaisseau | 1850 | Fincham. | Napier. | 510 | 1218 |
| 4 | Agamemnon | Vais. anglais de 92. | • | • | Penn. | 560 | 2304 |
| 5 | Saint-Jean-d'Acre. | Vais. anglais de 100. | • | • | Penn. | 600 | 2133 |
| 6 | Rattler. | Frégate anglaise. | 1844 | Symond. | Maudslay | 200 | 436 |
| 7 | Amphion | Frégate anglaise. | 1847 | • | Miller | 300 | 594 |
| 8 | Ajax. | Vaisseau angl. de 74. | 1848 | • | Maudslay | 450 | 878 |
| 9 | Blenheim | Vaisseau angl. de 74. | 1849 | • | Sceaward | 450 | 958 |
| 10 | Greenock. | Vaisseau anglais | • | Scott et | Sinclair. | 564 | 719 |
| 11 | Hogue. | Vaisseau angl. de 74. | 1848 | • | Sceaward | 450 | 797 |
| 12 | Jean-Bart | Vais. mixte français. | 1853 | • | Indret | 450 | • |
| 13 | Megera. | Frégate anglaise. | 1850 | Fairbairn. | Rennie. | 350 | 925 |
| 14 | Rifleman. | • | 1847 | Fincham. | Miller. | 200 | 348 |
| 15 | *Id.* avec nouvelle machine. | • | 1848 | Fincham. | Miller. | 100 | 183 |
| 16 | Sans-Pareil | Vaisseau anglais. | • | Fincham. | Watt. | 350 | • |
| 17 | Simoon | Frégate anglaise. | 1851 | Napier. | Watt. | 350 | 548 |
| 18 | Conflict | Vaisseau anglais. | 1851 | Wolwich. | Sceaward | 400 | 777 |
| 19 | Desperate | Frégate anglaise. | 1851 | Pembroke | Maudslay | 400 | 892 |
| 20 | Encounter. | Frégate anglaise. | 1849 | Fincham. | Penn. | 360 | 643 |
| 21 | Arrogant. | Frégate anglaise. | 1849 | Fincham. | Penn. | 360 | 623 |
| 22 | Niger | Frégate anglaise. | 1849 | Laug. | Maudslay | 400 | 919 |
| 23 | Termagant. | Frégate de 24 angl. | 1849 | Whit. | Sceaward | 620 | 1331 |
| 24 | San-Jacinto. | Vaisseau américain. | 1847 | • | • | • | 375 |
| 25 | Flibany | Vaisseau russe | • | • | Napier. | 450 | • |
| 26 | Bretagne. | Vais. français de 130. | 1855 | Cherbourg | Indret. | 1200 | • |
| 27 | Napoléon. | Vaisseau de 90 can. | 1851 | Dupuy de Lôme. | Indret. | 950 | 1300 |
| 28 | Charlemagne. | Vaisseau mixte. | 1851 | Toulon. | Benett. | 450 | 630 |
| 29 | Wagram. | Vaisseau français. | 1854 | • | Creusot | 650 | • |
| 30 | Eylau | Vaisseau français. | 1853 | Toulon. | Cavé. | 900 | • |
| 31 | Primanguet | Corvette française. | 1852 | • | Mazeline. | 400 | • |
| 32 | Roland. | Frégate française. | 1852 | Toulon. | Mazeline. | 400 | • |
| 33 | Tourville | Vaisseau mixte franç. | 1854 | • | Mazeline. | 650 | • |
| 34 | Isly | Frégate franç. | 1854 | Toulon. | Cavé. | 650 | • |
| 35 | Pomone | Frégate de 46 franç. | 1845 | • | Mazeline. | 220 | • |
| 36 | Caton | Frégate française. | 1848 | • | Creusot | 260 | • |
| 37 | Pelican. | Aviso français. | • | • | • | 120 | • |
| 38 | Chaptal | Corvette française. | 1847 | Cavé | Cavé. | 220 | 340 |
| 39 | Biche | Aviso français. | 1843 | • | Mazeline. | 120 | 164 |
| 40 | *Id.* (Nouv. mach.) | Aviso français. | 1851 | • | Sochet et Cavé. | 200 | • |
| 41 | L'Eclair. | Canonnière (4 c. de 50). | 1855 | Toulon. | Creusot. | 110 | • |
| 42 | • • • | Canonnière. | 1855 | Toulon. | Bourdon. | 100 | • |
| 43 | Poudre. | Canonnière. | 1855 | Nantes. | Cavé. | 100 | • |

de divers bâtiments de guerre à hélice.

| DIMENSIONS DE LA COQUE. | | | | | | | | | | HÉLICE. | | | | VAPEUR. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | TIRANT D'EAU | | | | | | | | | | |
| Déplacement. | Tonnage. | Longueur. | Largeur. | Creux. | en avant. | en arrière. | moyen. | Section immergée. | Sillage. | Diamètre. | Pas. | Nombre de tours par minute. | Système. | Pression. | Détente. |
| ton. | ton. | m. | m. | m. | m. | m. | m. | mq. | m. | m. | m. | | | | |
| 5130 | 3826 | 73,20 | 18,3 | 11,00 | 7,27 | 7,78 | » | 103,0 | 10,2 | » | » | » | » | basse | » |
| 1300 | » | 63,00 | 12,00 | » | » | » | 4,90 | 47,0 | 7,36 | 4,14 | 3 40 | 53,3 | » | 1,0 | » |
| 1570 | » | 64,4 | 12,00 | » | » | » | 4,90 | 47,0 | 10,30 | 4,4 | 3,40 | 68 | » | 1,7 | » |
| 4750 | 3074 | 70,15 | 17,00 | » | » | » | » | » | 11,40 | 5,49 | 6,28 | 65 | » | » | » |
| » | 3258 | 72,56 | 16,89 | » | » | » | » | » | 11,30 | » | » | » | » | » | » |
| 894 | 901 | 33,83 | 9,97 | 6,25 | » | » | 3,49 | 26,47 | 10,07 | 3,05 | 3,83 | 104 | » | 1,35 | » |
| 2049 | 1407 | 54,90 | 13,17 | » | » | » | 6,112 | 51,08 | 6,75 | 4,575 | 6,405 | 45 | » | 1,7 | » |
| 2912 | 1788 | 53,68 | 14,80 | » | » | » | 6,63 | 71,12 | 6,45 | 4,86 | 6,10 | 42 | » | 1,5 | » |
| 2912 | 1859 | 53,25 | 14,80 | » | » | » | 6,63 | 71,12 | 5,81 | 4,88 | 6,10 | 43 | » | 1,7 | » |
| 1980 | 1489 | 63,00 | 11,40 | » | » | » | 4,37 | 41,79 | 9,39 | 4,27 | 3,98 | 75 | » | » | » |
| 2912 | 1674 | 56,12 | 14,75 | » | » | » | 6,33 | 74,12 | 7,50 | 4,905 | 6 44 | 50 | » | 1,7 | » |
| » | » | 63,60 | 16,26 | 8,05 | » | » | 7,40 | 92,45 | 9,00 | 3,00 | 6,00<br>8,00 | 45 | » | basse | 0,9 |
| 2048 | 1416 | 63,13 | 11,54 | » | » | » | 4,88 | 45,23 | 10,24 | 1.05 | 4,88 | 71 | » | 1,5 | » |
| 624 | 493 | 46,73 | 8,14 | » | » | » | 3,33 | 20,31 | 8,99 | 2,44 | 2,74 | 120 | » | 1,7 | » |
| » | » | 46,75 | 9,00 | » | » | » | 3,33 | 20,31 | 8,11 | 2,41 | 2,74 | 110 | » | 1,7 | » |
| 3484 | 2369 | 61,13 | 13,88 | » | » | » | 6,95 | 85,47 | » | » | » | 55 | » | » | » |
| 2789 | » | 73,03 | 12,50 | » | » | » | 3,18 | 52,68 | 6,74 | » | » | 52 | » | 1,7 | » |
| 1628 | 1055 | 58,58 | 10,47 | » | » | » | 4,80 | 41,16 | 9,28 | 4,117 | 5,03 | 68 | » | 2,12 | » |
| 1628 | 1032 | 38,71 | 10,47 | » | » | » | 4,80 | 41,16 | 9,43 | 3,96 | 4,27 | 73 | » | 1,56 | » |
| 5?2 | » | 57,7 | 10,10 | 6,00 | » | » | 3,83 | 34,53 | 10,25 | 3,63 | 4,30 | 80 | 2 ailes. . . . . | 1,00 | 0,75 |
| 1872 | » | 60,4 | 13,90 | 6,00 | » | » | 3.69 | 62,36 | 8,0 | 4,37 | 4,50 | 60 | 2 ailes. . . . . | 1,00 | 0,75 |
| 1672 | » | 58,3 | 10,6 | » | » | » | 4,33 | 35 00 | 10,42 | 3,64 | 5,1 | 75 | » | 1,7 | » |
| 1530 | » | 63,00 | 14,00 | 7,60 | 4,8 | 5,4 | 5,12 | 53,65 | 9,51 | 4,65 | 3,40 | 70 | » | 1,5 | » |
| 2200 | » | 65,50 | 11,60 | 7,17 | 4,75 | 4,90 | » | » | 9,35 | 4,42 | 9,89 | » | 6 ailes . . . . | basse | » |
| » | 2585 | 64,20 | 15,45 | 8,47 | » | » | 6,60 | 61,71 | » | » | » | » | » | basse | » |
| 6466 | » | 81,00 | 16,80 | 6,33 | » | » | » | » | 14,00 | 6.30 | » | » | » | » | » |
| » | 5051 | 73,25 | 16,80 | » | » | » | 7,83 | 98,00 | 12,00 | 3,80 | 9.38 | 52 | 4 ailes. . . . . | basse | 0,6 |
| » | » | 59,8 | 10,24 | » | » | » | 7,40 | 92,00 | 9,5 | 3.00 | 7,00 | 52 | 2 ailes . . . . | 1,0 | 0,7 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 46 | » | 2.5 | 0,3 |
| » | » | 60,00 | 17,00 | 11,3 | » | » | 7,30 | » | » | 5,40 | 6,90 | 50 | 5 ailes. . . . . | 2,5 | 0,7 |
| » | » | 55,00 | 11,00 | 8,00 | 4,50 | 3,20 | 4,83 | 53,00 | » | 4,00 | 9,00 | 32 | 3 ailes. . . . . | 3,0 | 3,0 |
| » | 1300 | 53,00 | 10,4 | » | » | » | 4,38 | 37,6 | 12,00 | 3,71 | 5,13 | » | 4 ailes. . . . . | basse | 0,7 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 45 | 5 ailes. . . . . | 3,0 | » |
| » | » | » | 12,85 | 8,35 | » | » | 3,30 | » | » | 4,80 | 8,00 | 53 | 4 ailes. . . . . | 2,5 | 0,8 |
| » | 1225 | 52,00 | 13,00 | 6,70 | » | » | 3,65 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| » | 900 | 54,00 | 9,25 | 3,55 | » | » | 5,37 | 22,29 | » | » | » | » | » | » | » |
| » | 253 | 40.00 | 7,00 | 3,86 | » | » | 4,56 | 9.97 | » | » | » | » | » | 1,53 | » |
| » | 1060 | 54,00 | 9,35 | 6,8 | » | » | 3,60 | 24,00 | 11,00 | 3,20 | 6,40 | 70 | 4 ailes. . . . | 1,00 | 0,7 |
| » | » | » | » | » | 3,30 | 4,35 | 3,81 | 21 | 8 | 3,0 | » | 82 | 2 ailes. . . . . | 2,00 | 0,5 |
| » | » | » | » | » | 3,30 | 4 35 | 3,81 | 21 | » | » | » | 120 | » | 10 | 0,1 |
| » | » | 42,00 | 7,20 | 2,70 | 2,20 | 2,50 | » | 15,20 | 7,00 | 1,86 | 2,43 | 140 | 4 ailes. . . . | 5,00 | 0.2 |
| » | » | 30,00 | 6,30 | 2,60 | » | » | 1,05 | 9,30 | » | 1,00 | 1,23 | 225 | 4 ailes (s. 0,40) | 4,00 | » |
| » | » | 33,00 | 6,66 | 2,60 | 2,00 | 2,00 | » | » | » | 1,83 | 2,20 | 160 | 2 ailes. . . . . | 3,00 | » |

*Suite du tableau R.*

| Numéros d'ordre. | NOMS DES NAVIRES. | PISTONS. Nombre de pistons. | Diamètre des pistons. | Course des pistons. | Nombre de tours. | DIMENSIONS DE LA MACHINE. Surface de chauffe. | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | Poids. | SYSTÈME DES MACHINES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | tonn. | |
| 1 | Duke-of-Wellington | 2 | 2,35 | 1,36 | 30 | 1122,3 | » | » | » | » | Horizontale directe. Type du *Napoléon.* |
| 2 | Dauntless . . . . . | 2 | 1,68 | 1,21 | 24 | » | » | » | » | » | Horizontale. Engrenage 2 à 1. |
| 3 | *Id.* allongé. . | 2 | 1,68 | 1,21 | 30 | » | » | » | » | » | *Id.* (après réparation.) |
| 4 | Agamemnon. . . . | » | » | » | 63 | » | » | » | » | » | Trunk engine. |
| 5 | Saint-Jean-d'Acre. | » | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 6 | Rattler. . . . . . . | 4 | 1,00 | 1,220 | 27 | » | » | » | » | » | Verticale. Engrenage 4 à 1. |
| 7 | Amphion . . . . . . | 2 | 1,203 | 1,220 | 45 | » | » | » | » | » | Horizontale directe. |
| 8 | Ajax. . . . . . . . | 4 | 1,397 | 0,762 | 42 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 9 | Blenheim . . . . . . | 4 | 1,321 | 0,915 | 43 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 10 | Greenock . . . . . . | 2 | 1,803 | 1,220 | 32 | » | » | » | » | » | Horizontale. Engren. 2,33 à 1. |
| 11 | Hogue. . . . . . . | 4 | 1,301 | 0,915 | 50 | » | » | » | » | » | Horizontale directe. |
| 12 | Jean-Bart . . . . . . | 4 | 1,30 | 0,90 | 45 | » | » | » | » | 354 | *Id.* |
| 13 | Megera. . . . . . . | 4 | 1,240 | 0,610 | 74 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 14 | Rifleman. . . . . . | 2 | 1,152 | 0,915 | 40 | » | » | » | » | » | Horizontale. Engrenage 3 à 1. |
| 15 | *Id.* avec nouvelle machine. | 2 | 0,85 | 0,83 | 44 | » | » | » | » | » | Verticale oscill. Eng. 2,5 à 1. |
| 16 | Sans-Pareil . . . . | 4 | 1,10 | 0,76 | 55 | » | » | » | » | » | Horizontale oscillante directe. |
| 17 | Simoon . . . . . . | 4 | 1,10 | 0,76 | 52 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 18 | Conflict . . . . . . | 4 | 1,15 | 0,61 | 68 | » | » | » | » | » | Horizontale directe. Cyl. fixes. |
| 19 | Desperate . . . . . | 4 | 1,39 | 0,76 | 34 | » | » | » | » | » | Horizontale. Engren. 2,8 à 1. |
| 20 | Encounter. . . . . | 2 | 1,40 | 0 68 | 80 | » | » | » | » | » | Trunk engine. |
| 21 | Arrogant. . . . . . | 2 | 1,40 | 0,91 | 60 | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 22 | Niger . . . . . . . | 4 | 0,94 | 0,45 | 75 | » | » | » | » | » | Horizontale directe. |
| 23 | Termagant. . . . . | 4 | 1,24 | 1,06 | 36 | » | » | » | » | » | Horizontale. Engrenage 2 à 1. |
| 24 | San-Jacinto. . . . . | 2 | 1,56 | 1,27 | 51 | 476 | » | » | » | » | Cylindres fixes inclinés, avec engrenage. |
| 25 | Flibany . . . . . . | 2 | 1,80 | 0,76 | » | » | » | » | » | » | » |
| 26 | Bretagne. . . . . . | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 27 | Napoléon . . . . . . | 2 | 2,42 | 1,63 | 25 | » | 10 | 10,00 | » | 950(c) | Horizontale. Engrenage 2 à 1. |
| 28 | Charlemagne. . . . | 4 | 1,30 | 1,00 | 52 | » | » | » | » | » | Direction horizontale. |
| 29 | Wagram. . . . . . . | 4 | 1,44 | 1,20 | 46 | 910 | 9,50 | 6,20 | 4,8 | » | Horizontale directe. |
| 30 | Eylau . . . . . . . | 4 | 1,65 | 1,00 | 60 | 1444 | 6,40 | 10,00 | 4,40 | 660(c) | Horizontale directe. |
| 31 | Primanguet . . . . | 4 | 1,20 | 0,89 | 52 | 380 | 18 (b) | 9,00 | 8,00 | 200 | Horizontale, bielle en retour. |
| 32 | Roland. . . . . . . | 4 | 1,20 | 1,00 | 42 | 387 | » | » | » | » | Horizontale dos à dos. Engren. |
| 33 | Tourville. . . . . . | 4 | 1,45 | 1,20 | 45 | 440 | 6,00 | 7,00 | 3.00 | » | Horizontale, bielle en retour. |
| 34 | Isly . . . . . . . . | 4 | 1,56 | 0,80 | 55 | 987 | 5,20 | 7,62 | 4,40 | 120 | Horizontale directe. |
| 35 | Pomone . . . . . . | 2 | 1,17 | 1,17 | 38 | » | » | » | » | » | Système Holm horizontal. |
| 36 | Caton . . . . . . . | » | 1,12 | 1,40 | » | » | » | » | » | » | » |
| 37 | Pélican. . . . . . . | » | 1,12 | 0,96 | 30 | » | » | » | » | 80 | Oscillante Penn. |
| 38 | Chaptal . . . . . . . | 4 | 1,00 | 0,70 | 70 | » | 6,40 | 5,8 | 3,00 | » | Horizontale, bielles en retour. |
| 39 | Biche . . . . . . . | 2 | 0,95 | 0,915 | 54 | 126 | 3 | 8 | 3 | 63 | Horizontale. dos à dos. Engren. |
| 40 | *Id.* nouv. mach. (d). | » | 0,45 | 0,70 | 120 | » | 2,20 | 5,40 | 3,00 | » | Cyl. fixes inclinés vis-à-vis. |
| 41 | L'Eclair. . . . . . | » | 0,45 | 0,50 | 140 | 196 | 2,50 | 2,60 | 0,80 | » | Mouvement de locomotive. |
| 42 | • • • . . . . . . . . | 2 | 0,22 | 0,26 | 225 | 30 | 0,60 | 1.40 | 1,40 | » | *Id.* |
| 43 | Poudre. . . . . . . | 2 | 0,44 | 0,40 | 160 | 106 | 1,808 | 2,02 | 0,62 | » | *Id.* |

(b) Avec les chaudières qui sont placées des deux côtés de la machine entre elles et les murailles du bâtiment.
(c) Tout compris en ordre de marche. — (d) Avec chaudières-serpentins de M. Belleville.

**1028. Tableau S, contenant la comparaison de divers bateaux à vapeur à roues, pour rivière.**

| Numéro d'ordre. | NOMS DES BATEAUX DE RIVIÈRE. | LIGNE ET SERVICE. | Année de la construction. | CONSTRUCTEURS | | FORCE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | DE LA COQUE. | DE LA MACHINE. | nominale. | réelle. |
| 1 | Fulton | Hudson | 1813 | Fulton | Watt | 30 | » |
| 2 | Livingston | Hudson | 1816 | Fulton | Fulton | 60 | » |
| 3 | Clémence-Isaure | Garonne | » | Jollet | » | 24 | » |
| 4 | Parisien N° 1 | Haute-Seine | 1833 | Cochot père | Cochot père | 25 | » |
| 5 | Parisien N° 2 | Saône | 1846 | Cochot frères | Cochot frères | 120 | » |
| 6 | Parisien N° 4 | Rhône | 1851 | Cochot frères | Cochot frères | 240 | » |
| 7 | Papin N° 9 | Rhône | 1852 | Salmon | Salmon | 125 | » |
| 8 | Avant-garde N° 3 | Saône | 1851 | Arnaud | Arnaud | 60 | » |
| 9 | Avant-garde N° 6 | Saône | 1852 | Arnaud | Arnaud | 200 | » |
| 10 | Hirondelle N° 6 | Saône | 1843 | » | Jackson | 60 | » |
| 11 | Le Furet (allongé) | Saône | » | Mauriac | Jackson | 80 | » |
| 12 | Le Neptune | Seine | 1853 | Normand et Baudu | Normand et Baudu | 150 | » |
| 13 | Le Napoléon | Seine | 1851 | Cavé | Cavé | 120 | 148 |
| 14 | Le Belot | Saône | 1854 | Corady | Corady | » | 194 |
| 15 | Express | Rhône (voyag.) | 1853 | Carsenac | Carsenac | 450 | 450 |
| 16 | Ebro | Ebre (voyag.) | 1855 | Creusot | Creusot | 80 | » |
| 17 | L'Aigle | Rhône | » | Creusot | Creusot | 320 | » |
| 18 | La Foudre | Rhône | » | Creusot | Creusot | 120 | » |
| 19 | Le Mississipi | Rhône | » | Creusot | Creusot | 200 | » |
| 20 | Le Mogador | Rhône | 1852 | Oullins | Oullins | 80 | » |
| 21 | L'Océan | Rhône (march.) | 1848 | Creusot | Creusot | » | 360 |
| 22 | *Id.* (allongé) | Rhône (march.) | 1852 | Creusot | Creusot | » | 600 |
| 23 | Papin N° 6 | Rhône (march.) | 1854 | Creusot | Creusot | 260 | » |
| 24 | Papin N° 10 | Rhône (march.) | 1854 | Creusot | Creusot | 260 | » |
| 25 | François-Joseph | Danube | 1854 | Chantier d'Altofeu | Mach. anglaises | » | » |
| 26 | Reindeer | Mississipi | » | Thomas Colyer | Thomas Colyer | » | » |
| 27 | Atlantic | Fleuve d'Amérique | » | » | » | 1000 | » |
| 28 | May-Flowers | Fleuve d'Amérique | » | Lupton et Hogg | Lupton et Hogg | 1200 | » |
| 29 | America | Hudson | » | » | » | » | » |
| 30 | Rochester | Fleuve d'Amérique | » | » | » | 430 | » |
| 31 | New-Word | Mississipi | » | » | » | » | » |
| 32 | New-Word | Hudson | » | » | » | 2000 | 2641 |
| 33 | Citizen | Omnibus de la Tamise dans Londres. | 1843 | » | Penn | 24 | » |
| 34 | Waterman | Omnibus de la Tamise dans Londres. | 1843 | » | Penn | 32 | 46 |
| 35 | Le Castor | Du Havre à Honfleur et Trouville. | 1851 | Nillus | Nillus | 25 | 73 |
| 36 | Le Chamois | Du Havre à Honfleur et Trouville. | 1854 | Nillus | Nillus | 50 | 156 |
| 37 | Le Cigne | Havre à Caen | » | Normand | Mazeline | 90 | » |
| 38 | Saint-George | Remorqueur | 1856 | Cavé | Cavé | 70 | » |
| 39 | Monorome | Navigat. des canaux. | 1854 | Cavé | Cavé | 50 | 102 |

*Suite du*

| Numéros d'ordre. | NOMS DES BATEAUX. | COQUE. | | | | | | ROUES. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Longueur. | Largeur. | Creux. | Tirant d'eau maximum en charge. | Section immergée. | Vitesse en nœuds ou en kilomètres. | Diamètre. | Nombre de tours par minute. | Nombre d'aubes. | Longueur des aubes. | Hauteur des aubes. |
| | | m | m | m | m | mq. | kilom. | m | tours. | m. | m. | m. |
| 1 | Fulton | 40 | 8,84 | 2,20 | 1,96 | 12,00 | 10,00 | 4,70 | 18,5 | 6 | 1,50 | 0,70 |
| 2 | Livingston | 47,55 | 10,06 | 2,20 | 2,30 | 16,00 | 10,44 | 5,50 | 17 | 8 | 1 75 | 0,90 |
| 3 | Clémence-Isaure | 36,00 | 3,00 | » | 0,50 | 1,50 | 17,00 | 2,90 | 42 | 12 | 1,65 | 0,35 |
| 4 | Parisien N° 1. | 30,00 | 3,30 | 2,00 | 0,50 | 1,65 | 12,00 | 3,30 | 38 | 12 | 2,00 | 0,40 |
| 5 | Parisien N° 2. | 67,00 | 4,00 | 2,25 | 0,80 | 3,20 | 19,00 | 4,85 | 34 | 14 | 2,60 | 0,45 |
| 6 | Parisien N° 4. | 80,00 | 4,15 | 2,25 | 0,80 | 3,32 | 16,00 | 3,00 | 34 | 14 | 3,00 | 0,60 |
| 7 | Papin N° 9. | 80,00 | 4,00 | » | 0,70 | 2.80 | 18,00 | 4,90 | 36 | 14 | 2,60 | 0,30 |
| 8 | Avant-garde N° 3. | 64,00 | 4,20 | » | 0,70 | 2,90 | 16,00 | » | 31 | » | » | » |
| 9 | Avant-garde N° 6 | 80,00 | 4,00 | » | 0,80 | 3,20 | 20,00 | 4,74 | 36 | 16 | 3,00 | 0,60 |
| 10 | Hirondelle N° 6. | 60,00 | 3,00 | » | 0,70 | 3,30 | 16,00 | 4,74 | 32 | 14 | 2,00 | 0,40 |
| 11 | Le Furet (allongé). | 75,00 | 4,00 | » | 0,70 | 2 80 | 16,00 | 4,00 | 36 | » | 2,40 | 0,30 |
| 12 | Le Neptune. | 70,00 | 4,40 | 2,10 | 1,20 | 4,75 | 19,00 | 4,80 | 36 | 12 | 2,00 | 0,70 |
| 13 | Le Napoléon | 70,00 | 4,00 | » | 0,90 | » | » | 4,20 | 36 | 12 | 2,00 | 0,50 |
| 14 | Le Belot | 80,00 | 4,25 | » | 0,60 | » | 20 rem. | 3,00 | 33 | 14 | 6,20 | 0,40 |
| 15 | Express. | 82,00 | 4,50 | 2,30 | 0,85 | 3,00 | 22 rem. | 3,50 | 33 | 14 | 3,50 | 0,40 |
| 16 | Ebro | 49,00 | 4,60 | 2,60 | » | » | » | » | 36 | 16 | » | 0,45 |
| 17 | L'Aigle | 100,00 | 7,00 | » | 1,35 | 9,10 | » | 3,10 | 25 | » | 4,00 | 0,55 |
| 18 | La Foudre | 66,00 | 3,70 | » | 1,15 | 3,98 | » | 5,20 | 30 | » | 2,90 | 0,50 |
| 19 | Le Mississipi | 75,00 | 6,30 | » | 1,15 | 7,24 | » | 3,60 | 30 | » | 3,30 | 0,55 |
| 20 | Le Mogador. | 100,00 | 3,00 | » | 0,90 | 4,5 | » | 4,80 | 30 | 12 | 2,00 | 0,50 |
| 21 | L'Océan. | 130,00 | 6,30 | 2,70 | » | » | » | 6,60 | 23 | 16 | 3,40 | 0,60 |
| 22 | *Id.* (allongé). | 153,00 | 6,30 | 2,70 | » | » | » | 8,60 | 28 | 16 | 3,40 | 0,60 |
| 23 | Papin N° 6. | 145,00 | 6,50 | 2,70 | 2,00 | 11,70 | 8,00 | 6,00 | 28 | 14 | 4,00 | 0,60 |
| 24 | Papin N° 10 | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 25 | François-Joseph | 63,00 | 6,00 | 4,75 | 1,20 | 2,40 | 27,00 | 3,50 | » | 14 | » | » |
| 26 | Reindeer | 80,00 | 10,20 | 2,00 | 1,00 | 11,08 | » | 11,25 | 22 | » | 2,83 | 0,70 |
| 27 | Atlantic. | 82,27 | 10,03 | » | » | » | » | » | » | » | » | » |
| 28 | May-Flowers. | 87,33 | 10,82 | » | » | » | très-rapide. | 10,00 | » | » | » | » |
| 29 | America | 105,00 | 10,80 | 3,30 | » | » | 34,00 | 11,40 | » | » | 3,60 | 0,60 |
| 30 | Rochester. | 64,00 | 7,32 | » | 1,22 | 8,03 | 26,00 | 7,32 | 27 | » | » | » |
| 31 | New-World. | 112,7 | 10,64 | 3,34 | 1,67 | 13,60 | 28,00 | 13,68 | 17 | 33 | 3.63 | 0,456 |
| 32 | New-World. | 114,00 | 10,67 | 3,04 | 1,37 | 13,60 | très-rapide (a) | 13 33 | 16 | 40 | 4,88 | 0.930 |
| 33 | Citizen | 22,30 | 3,00 | » | » | » | rapide. | 3,04 | 40 | » | 1,38 | 0,25 |
| 34 | Waterman | 30,40 | 3.15 | 2,00 | 0,90 | 2,80 | rapide. | 3,30 | 46 | » | 1,82 | 0,303 |
| 35 | Le Castor. | 23,00 | 4,00 | » | 1,00 | 4,00 | 10 nœuds. | 3,00 | 40 | 12 | 1,30 | 0,40 |
| 36 | Le Chamois | 32,00 | 4,40 | 2,40 | 1,35 | 3,00 | 22,00 | 3,70 | 42 | 11 | 1,34 | 0.51 |
| 37 | Le Cygne | 30,00 | 3,50 | » | 1,70 | » | 12 eau morte. | » | 45 | 12 | 1,80 | 0,70 |
| 38 | Saint-George | 48,00 | 4,40 | 2 40 | 0,62 | » | » | 4,24 | 30 | 16 | 2,15 | 0,45 |
| 39 | Monorome | 48,00 | 6,30 | 1,80 | 1,20 | » | 9,00 | 3,80 | 28 | 8 | 2,40 | 0,50 |

(a) On affirme que ce bateau atteint une vitesse de 40 kilomètres à l'heure; sa force colossale permet de le croire.

*tableau S.*

| VAPEUR. | | PISTONS. | | | DIMENSIONS DE LA MACHINE. | | | | SYSTÈME DE LA MACHINE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pression. | Détente. | Nombre. | Diamètre. | Course. | Longueur. | Largeur. | Hauteur. | Surface de chauffe par cheval nominal. | |
| atm. | | | m. | m. | m. | m. | m. | m. | |
| Basse. | » | 1 | 0,814 | 1,22 | » | » | » | » | » |
| Basse. | » | 1 | 1,010 | 1,52 | » | » | » | » | » |
| 6,0 | » | 2 | 0,250 | 0,50 | » | » | » | 0,60 | Oscillante. |
| 3,3 | 0,5 | 1 | 0,33 | 1,20 | 2,5 | 1,00 | 1,00 | 1,20 | Watt. A balanciers latéraux. |
| 1,5 | 0,6 | 2 | 1,25 | 1,00 | 5,00 | 3,00 | 2,40 | 1,20 | Directe inclinée, cylindres fixes. |
| 1,5 | 0,7 | 2 | 1,45 | 1,20 | 5,00 | 3,50 | 2,70 | 1,20 | *Id.* |
| 4,0 | 0,3 | 2 | 0,86 | 0,91 | 4,60 | 2,70 | 2,40 | 1,08 | Horizontale du Creusot. |
| 3,0 | » | 2 | 0,01 | 0,80 | 2,00 | 3,00 | 2,00 | » | Jackson, à balanciers latéraux. |
| 6,0 | » | 2 | 0,77 | 1,00 | 4,90 | 2,70 | 2,40 | 0,03 | Horizontale du Creusot. |
| 3,3 | 0,4<br>0,0 | 2 | 0,65 | 0,83 | 2,80 | 2,40 | 1,90 | 1,30 | Jackson, à balanciers latéraux. |
| 3,5 | » | 2 | 0,76 | 0,76 | » | » | » | » | » |
| 7,0 | 0,33 | 2 | 0,70 | 0,80 | » | » | » | 0,83 | Oscillante vis-à-vis. (Cavé.) |
| 6,0 | 0,4 | 2 | 0,50 | 1,36 | » | » | » | 0,81 | Oscillante côte à côte. (Cavé.) |
| 4,0 | 0,17 | 2 | 0,96 | 0,96 | » | » | » | 1,13 | Horizontale du Creusot. |
| 5,0 | 0,25 | 2 | 1,20 | 1,20 | 9 00 | 3,00 | 3,00 | 0,50 | Horizontale du Creusot. |
| 5,0 | 0,25 | 2 | 0,80 | 1,00 | 6,50 | 2,50 | 3,00 | 1,17 | *Id.* |
| 3,0 | » | » | 1,23 | 2,22 | » | » | » | 1,09 | *Id.* |
| 3,0 | » | 1 | 1,10 | 2,0 | » | » | » | 1,21 | *Id.* |
| 3,0 | » | 1 | 1,30 | 2,5 | » | » | » | 1,00 | *Id.* |
| 3,0 | » | 2 | 0,83 | 1,00 | » | » | » | » | Jackson, à balanciers latéraux. |
| 3,0 | 0,30 | 1 | 1,80 | 2,60 | 12,00 | 2,00 | 3,50 | 1,00 | Horizontale du Creusot. |
| 3,0 | 0,30 | 1 | 2,005 | 2,60 | 12,00 | 2,00 | 3,50 | 0,60 | *Id.* |
| 3,5 | 0,25 | 1 | 1,90 | 2,25 | 12,00 | 2,50 | 3,50 | 0,67 | *Id.* |
| 3,5 | 0,20 | 1 | 1,80 | 2,50 | 14,4 | 2,40 | 4,55 | 1,04 | *Id.* |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | Oscillante de Penn. |
| » | » | 1 | 1,42 | 3,65 | » | » | » | » | Walt. Américain, à balanciers supér. |
| » | » | 2 | 1,318 | 3,33 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | 2 | 1,834 | 3,35 | » | » | » | » | *Id.* |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | *Id.* |
| 4,0 | 0,5 | 1 | 1,09 | 3,04 | » | » | » | » | *Id.* |
| 2,5 | » | 1 | » | 4,07 | » | » | » | » | *Id.* |
| 0,0 | 0,5 | » | 2,310 | 4,07 | » | » | » | » | *Id.* |
| 3,0 | » | 2 | » | » | 2,00 | 2,20 | 1,70 | » | Oscillante de Penn. |
| 3,0 | » | 2 | 0,61 | 0,673 | 1,20 | 2,30 | 1,70 | » | *Id.* |
| 2,5 | 0,0 | 2 | 0,55 | 0,56 | 1,00 | 2,20 | 1,00 | 1,60 | *Id.* |
| 2,5 | 0,0 | 2 | 0,735 | 0,70 | 1,00 | » | » | 1,60 | *Id.* |
| 2,5 | » | 2 | 0,90 | 1,00 | 2,00 | 4,00 | 2:50 | » | *Id.* |
| 3, | 0,3 | 2 | 0,585 | 1,33 | 6,00 | 2,45 | 3,0 | 1,35 | Oscillante de Cavé, cyl. vis-à-vis. |
| 3,5 | 0,6 | 2 | 0,50 | 1,00 | » | » | » | 1,21 | Oscillante horizontale de Cavé. |

## BIBLIOGRAPHIE DES MACHINES A VAPEUR.

Le but que nous nous proposons en donnant la nomenclature des traités ou recueils périodiques relatifs aux machines à vapeur, est de mettre le lecteur en mesure d'étudier à fond, s'il y est appelé, les principes et les dispositions sur lesquels nous avons dû parfois passer légèrement, quoique nous osions espérer qu'après la lecture de nos deux volumes, on sera édifié même sur la construction des diverses machines à vapeur. Cette étude des lois générales, des dispositions de détails, et des systèmes si variés, se fera dans des traités ou recueils spéciaux, mais souvent aussi dans des ouvrages généraux dont le titre semble n'avoir rien de commun avec les machines à vapeur, et qu'on consultera cependant avec intérêt.

### 1029. Ouvrages ou recueils généraux.

*Morin*. Leçons de mécanique pratique, 1er, 3e et 4e volume.
— Aide-mémoire de mécanique pratique, formulaire de tout ce qui se rapporte aux machines à vapeur.
*Claudel*. Aide-mémoire analogue au précédent. — *Tom-Richard*, id.
*Poncelet*. Introduction à la mécanique industrielle.
*Desprets*. Traité de physique.
*Péclet*. Traité de la chaleur.
*Atlas du mineur* et du métallurgiste, par les élèves de l'école des mines.
*Berthier*. Analyse des combustibles.
*Combes*. Exploitation des mines.
*Regnault*. Cours de chimie, étude de l'eau, des gaz, vapeurs, combustibles.
Catalogue des brevets d'invention en France, en Angleterre, etc.
*D'Orbigny*. Traité de Paléontologie (étude des combustibles minéraux).
*Gueltier*. Recherches sur les alliages de friction.
*Ordonnances* et *instructions* sur les machines et bateaux à vapeur.
Annales des mines.
Comptes rendus des travaux des ingénieurs des mines.
Annales des ponts et chaussées.
Annuaire des eaux de France. Recueil très-important.
Comptes rendus de la société des ingénieurs civils de Paris.
Bulletin de la société industrielle de Mulhouse.
Comptes rendus de l'association des ingénieurs civils anglais.
Comptes rendus de l'Académie des sciences.
Bulletin de la société d'encouragement.
Annales de chimie et de physique.
Annuaire de chimie.
*Armengaud*. Publication industrielle des meilleures machines, outils et appareils. — Génie industriel, revue des inventions françaises et étrangères.
Journal de l'invention par Gardissal.
Journal du génie civil et des sciences.
Journal des chemins de fer, navigation à vapeur et arts mécaniques.
The civil engineers scientific and railway gazette.
Mechanic's Magasine :
London and Edimburg philosophical Magasine.
Journal of Francklin institutes.
*Schubarth*, Repertorium der technischen Litteratur.
*Dingler*, Journal polytechnique (allemand).

*Jobard*, Bulletin du Musée de l'Industrie.
The engineers and surveyor's magazine.
Le Technologiste, journal périodique des sciences mécaniques.

**1030. Ouvrages spéciaux sur les machines à vapeur en général et sur les machines fixes en particulier.**

*Cordier*. Notes sur le chauffage des machines à vapeur.
Des explosions de chaudières, par Dumesnil, Audrand et autres.
*Plaisant*. Théorie pratique sur les tiroirs de machines à vapeur, et le moyen de les régler en toutes circonstances.
*J. Renwick*. A treatise on steam.
*Lardner*. The steam engine, steam navigation and railway, familiary explained.
*Pambour*. Théorie des machines à vapeur.
*Hodge*. Machines à vapeur américaines — complété par Renwich, Stevenson, Duval, Flachat, M. Chevalier.
*Grouvelle*. Guide du chauffeur.
*Stuart* Histoire descriptive des machines à vapeur.
*Jullien et Bataille*. Traité des machines à vapeur.
*John Sewell*. Rudimentary treatise on steam and locomotion.
*Tredgold*. Traité des machines à vapeur.
*Lefroy*. Recherches sur les machines du Cornouailles et la chaudière de Watt. — Mémoire sur les foyers fumivores.
*Mougel* et *Mouchelet*. Application de la vapeur aux travaux publics.
*Prony*. Mémoire sur la pompe à feu de Chaillut et du Gros-Caillou à Paris.
*Portefeuille* de Jonh Cockerill.
*Farey*. On the Steam-Engine.

**1031. Ouvrages spéciaux sur les locomotives.**

*Combes*. Mémoire sur la locomotive à détente variable, la *Mulhouse*.
*Coste*. Vade-mecum du conducteur de locomotives.
*Couche*. Notes sur l'emploi du coke et du bois dans les locomotives — sur les contrepoids, — sur la locomotive Engerth, etc.
*Ducros*. Locomotives de rampe, chemins de fer autrichiens.
*Favier*. Lois du mouvement de traction.
*Fèvre*. Traité du mouvement des locomotives.
*Lechatellier*. Mémoire sur les chemins de fer anglais, — sur les chemins de fer allemands, — sur la stabilité des locomotives.
*Guide* du mécanicien constructeur et conducteur de locomotive, par *Lechatellier*, *Flachat*, *Petiet* et *Polonceau*, ouvrage le plus complet sur les locomotives.
*Resal* et *Couche*. Note sur la stabilité et les contre-poids des locomotives.
*Reynard*. Essais sur le mouvement des wagons dans les courbes.
*Schillings*. Traité de l'exploitation des chemins de fer.
*Seguin*. Tracé et histoire des chemins de fer.
*Wood* (traduc. française). Traité pratique des chemins de fer.
*Tredgold* (traduction française). Traité pratique des chemins de fer.
*Pambour*. Traité des locomotives.
*Jeanneney*. Calcul sur la sortie de la vapeur dans les locomotives.
*Redtenbacher*. Lois de la construction des locomotives (allemand).

*Brees*. Science pratique des chemins de fer.
*Samuda*. Chemin de fer atmosphérique.
*E. Heusinger*. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
*Perdonnet*. Traité élémentaire des chemins de fer.
*Portefeuille* de l'ingénieur de chemins de fer par *Perdonnet* et *Polonceau*.
*Album* des chemins de fer par *Cornet*.
*Darnis*. Histoire des chemins de fer.
*Mathias*. Étude sur la locomotive de Sharp en 1843 — étude sur les machines locomotives.
*Clarkes*. Description des chemins de fer anglais et de leur matériel.

## 1032. Ouvrages spéciaux sur les bâtiments à vapeur.

*Art de la marine* (encyclopédie méthodique).
*Dictionnaire de marine* par Paris et Bonnefoux. Ouvrage très-complet.
*Aulagnier*. Études pratiques sur la navigation à vapeur.
*Cordier*. Mémoire divers sur la navigation des rivières et canaux de jonction.
*Deschamps*. Même sujet.
*Duhamel*. Traité de la construction des vaisseaux.
*Dutens*. Même sujet.
*Vial Clairbois* Id.
*Gilbert*. Mémoire sur la navigation à vapeur.
*Janvier*. Manuel du mécanicien des bateaux à vapeur.
*Juan*. Traité de la construction des vaisseaux.
*Manès*. Notice sur la navigation de la Saône et du Rhône.
*Marestier*. Mémoire sur les bâtiments à vapeur en Amérique.
*Russel* (traduc. française de Mary et Emmery). Mémoire sur les bateaux rapides.
*Mellet et Tourasse*. Essais sur les bateaux à vapeur.
*Mondot*. Code des bateaux à vapeur.
*Paris*. Catéchisme du mécanicien de bateau à vapeur.
*Campaignac*. Mémoire sur la navigation à vapeur.
*Galy-Cazalat*. Mémoire sur les bateaux à vapeur.
*Minard*. Cours de constructions maritimes.
*Reech*. Mémoire sur les machines de navigation.
*Tredgold* (appendice à son ouvrage) pour la navigation à vapeur.
Annales maritimes utiles à consulter.
*Paris*. Traité de l'hélice (traduction de Bourne.) Très-complet.
*Bourgois*. Expériences sur les hélices. Très-utile à consulter.
*Robert Murray*. Rudimentary treatise on the marine engine.
*Sepping et Knowles*. Elements and practice of naval architecture.
*Summerfeld*. Portefeuille des constructeurs de navires à vapeur (en anglais).
*Description* du steamer *Great-Britain* avec planches (texte anglais).
*Reid*. The laws of storms and of the variable winds.
*Dupuy de Lôme*. Mémoire sur la construction des bâtiments en fer.
*Jules Gaudry*. Mémoire sur la navigation fluviale et divers détails de la construction des bâtiments à vapeur.
*Callon et Mathias*. Mémoire sur la navigation fluviale.
*Dood*. On the steam-engine and steam-packets.

---

Paris.—Imprimé par E. Thunot et Cᵉ, rue Racine, 26.



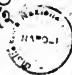


Fig 3




Fig 6

Magasin

Dulos sc.



Fig. 10.

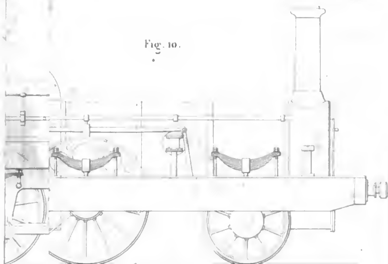
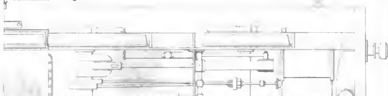
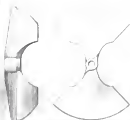


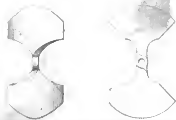
Fig. 11



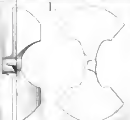
F.



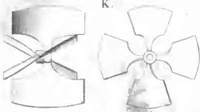
J.



I.



K.



Dulos


BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI

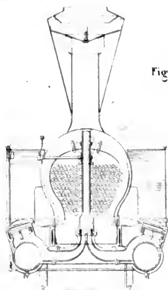


Fig. 14.




Fig. 18




Fig. 19.

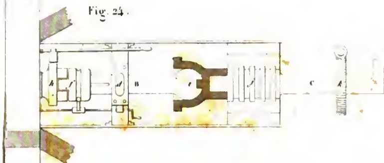
Fig. 20.




Dulos sc.

Fig. 23.

Fig. 24.



*Dulos sc.*


BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI